

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ **ЖУРНАЛ**

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРGETИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

9-2023

ШЛАМОВЫЕ НАСОСЫ TAPP GROUP



TAPP GROUP

TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY

подробнее на стр. 18-19

BELAZ

смазочные материалы

ГАРАНТИЯ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ
ВСЕХ УЗЛОВ ВАШИХ САМОСВАЛОВ
ОТ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ДО КАМЧАТКИ

- УЛУЧШЕННЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
- СООТВЕТСТВУЮТ НОВЕЙШИМ ТРЕБОВАНИЯМ
- СПОСОБСТВУЮТ УВЕЛИЧЕНИЮ МЕЖСЕРВИСНЫХ ИНТЕРВАЛОВ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ

РЕКЛАМА



www.belaz.by

Главный редактор
МОЧАЛЬНИКОВ С.В.
 Канд. экон. наук,
 заместитель министра энергетики
 Российской Федерации

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

АРТЕМЬЕВ В.Б.,
 доктор техн. наук
ГАЛКИН В.А.,
 доктор техн. наук, профессор
ЗАЙДЕНВАРГ В.Е.,
 доктор техн. наук, профессор
ЗАХАРОВ В.Н., чл.-корр. РАН,
 доктор техн. наук, профессор
КОВАЛЬЧУК А.Б.,
 доктор техн. наук, профессор
КОЛИКОВ К.С.,
 доктор техн. наук
ЛИТВИНЕНКО В.С.,
 доктор техн. наук, профессор
МОХНАЧУК И.И., канд. экон. наук
ПЕТРОВ И.В.,
 доктор экон. наук, профессор
ПОПОВ В.Н.,
 доктор экон. наук, профессор
ПОТАПОВ В.П.,
 доктор техн. наук, профессор
РОЖКОВ А.А.,
 доктор экон. наук, профессор
РЫБАК Л.В.,
 доктор экон. наук, профессор
СКРЫЛЬ А.И., горный инженер
СУСЛОВ В.И., чл.-корр. РАН,
 доктор экон. наук, профессор
ЩАДОВ В.М.,
 доктор техн. наук, профессор
ЯКОВЛЕВ Д.В.,
 доктор техн. наук, профессор

Иностранцы члены редколлегии

Проф. **Гюнтер АПЕЛЬ,**
 доктор техн. наук, Германия
 Проф. **Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ,**
 доктор техн. наук, Германия
 Проф. **Юзеф ДУБИНСКИ,**
 доктор техн. наук, чл.-корр. Польской
 академии наук, Польша
Сергей НИКИШИЧЕВ,
 комп. лицо FIMMM,
 канд. экон. наук, Великобритания,
 Россия, страны СНГ
 Проф. **Любен ТОТЕВ,**
 доктор наук, Болгария

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в октябре 1925 года

УЧРЕДИТЕЛИ
 МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
 РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

СЕНТЯБРЬ

9-2023 /1171/

УГОЛЬ

ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА

Страны-участницы Восточноазиатского саммита единодушны в вопросах поддержки устойчивого развития ООН в части обеспечения надежного энергоснабжения _____	4
Мешков Г.Б., Петренко И.Е., Губанов Д.А.	
Итоги работы угольной промышленности России за первое полугодие 2023 года _____	5
Никифорович С.О.	
75 лет высоких достижений _____	14
Технология Duclar: надежность, проверенная временем _____	16
Лохов Д.С.	
Шламовые насосы: эффективное решение для экономии воды и электроэнергии на предприятиях _____	18
Хроника. События. Факты. Новости _____	19

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Рожков А.А.	
Выдающийся ученый-концептуалист Никаноров Спартак Петрович _____	24

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Цивилева А.Е.	
Концептуальные подходы к стратегическому обеспечению устойчивости работы угледобывающих компаний в современных условиях _____	27
Альтбреген М.А., Чупин А.Л., Морковкин Д.Е., Михайлов А.Ю., Харченко С.В.	
Разработка системы календарно-сетевое планирования проектов предприятий угольной промышленности: опыт АО «Атомэнергопроект» _____	34

ИННОВАЦИИ

Тултабаев М.Ч., Аружан Шоман, Жунусова Г.С., Касымбек Рабига	
Применение эмульсий на основе сафлорового масла в угольной промышленности _____	40

ЭКОНОМИКА

Симонин П.В., Капустина Н.В., Кузьмина А.А., Шамалова Е.В., Анохин С.А., Костромина Е.А., Курбацкая Т.Б., Курбацкий Н.В.	
Формирование инклюзивной архитектуры водородной экономики и потребления угля _____	46
Кузьмина О.Ю., Степанова Т.Е., Прокаев С.А.	
Особенности механизма исчисления и распределения горной ренты в условиях современного недропользования _____	50

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Журавков М.Л., Николаев А.В., Кычкин А.В., Пресняков А.А.	
Исследование инструментов цифровых трансформаций подземных горнодобывающих предприятий в аспекте управления спросом на электроэнергию _____	55

ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

Михайлова Е.С., Иванова Л.А.	
Технологии полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом: тенденции и перспективы _____	63
Стрелецкий А.А., Кубрин С.С.	
Исследование элементного и дисперсного составов пыли, образованной в результате проведения массовых взрывов на угольном разрезе _____	70

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Воронов Ю.Е., Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Максимова О.С.	
Диспетчеризация в карьерных экскаваторно-автомобильных комплексах с беспилотным транспортом _____	75

ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

119049, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 2А, офис 819
Тел.: +7 (499) 237-22-23
E-mail: ugol1925@mail.ru
E-mail: ugol@ugolinfo.ru

Генеральный директор

Ольга ГЛИНИНА

Научный редактор

Ирина КОЛОБОВА

Менеджер

Ирина ТАРАЗАНОВА

Ведущий специалист

Валентина ВОЛКОВА

Технический редактор

Наталья БРАНДЕЛИС

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН

Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-34734 от 25.12.2008

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

в Перечень ВАК Минобрнауки и науки РФ
(в международные реферативные базы
данных и системы цитирования) –
по техническим и экономическим наукам

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,151
(без самоцитирования – 0,79)

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,71
(без самоцитирования – 0,501)

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН

в Интернете на веб-сайте

www.ugolinfo.ru

www.ugol.info

и на отраслевом портале

«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

www.rosugol.ru

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Научный редактор И.М. КОЛОБОВА

Корректор В.В. ЛАСТОВ

Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 07.09.2023.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 13,5 + обложка.

Тираж 3300 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 4900 экз.

Отпечатано:

ООО «РОЛИКС ПРИНТ»

117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 131879

Журнал в **App Store** и **Google Play**



ЭКОЛОГИЯ

Росляков П.В., Скобелев Д.О., Доброхотова М.В., Гусева Т.В.

Оценка показателей выбросов парниковых газов для угольных теплоэлектростанций
в контексте развития углеродного регулирования в Российской Федерации _____ 84

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Черкасова Т.Г., Пилин М.О., Тихомирова А.В., Баранцев Д.А.

Определение состава отходов углеперерабатывающего предприятия ПАО ЦОФ «Березовская» _____ 90

Турецкая Н.Ю., Чикишева Т.А., Прокопьев Е.С., Емельянова К.К.

Перспективы получения товарного продукта из отходов флотации угольных фабрик _____ 95

Комарова А.Г., Чикишева Т.А., Прокопьев Е.С., Прокопьев С.А.

Формы нахождения потенциально ценных компонентов
в отходах углеобогатительной фабрики «Краснобродская-Коксовая» _____ 100

ЗА РУБЕЖОМ

Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Юронен Ю.П., Вокин В.Н., Кирюшина Е.В.,

Черепанов Е.В., Герасимова Е.И., Штрелер К.А.

Исследование динамики производственных мощностей по добыче угля
и выработке электроэнергии в штате Виктория с использованием ресурсов
дистанционного мониторинга Земли из космоса _____ 105

Список реклам

TAPP	1-я обл.	ARTPROFOSHIV	4-я обл.
TD BELAZ	2-я обл.	РЭН	20
MINEX RUSSIA	3-я обл.	НПП Завод МДУ	74

* * *

Журнал «Уголь» представлен в eLIBRARY.RU

Входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,15 (без самоцитирования – 0,79).

Журнал «Уголь» индексируется

в международной реферативной базе данных и систем цитирования

SCOPUS (рейтинг журнала Q2)

Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF

Редакция журнала «Уголь» является членом Международной ассоциации
по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA).

Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).

Журнал «Уголь» является партнером EBSCO

Редакция журнала «Уголь» имеет соглашение с компанией EBSCO Publishing, Inc. (США).

Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных компании EBSCO
Publishing (www.ebsco.com), предоставляющей свою базу данных для академических

библиотек по всему миру. EBSCO имеет партнерские отношения с библиотеками на
протяжении уже более 70 лет, обеспечивая содержание исследований качества, мощные
технологии поиска и интуитивные платформы доставки.

Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»

Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA) входит в топ-10
мировых электронных хранилищ научных публикаций и построена на парадигме
открытой науки (Open Science), основной задачей которой является популяризация
науки и научной деятельности. Это третья в мире электронная библиотека по
степени видимости материалов в Google Scholar.

Журнал «Уголь» представлен в CNKI Scholar

Платформа CNKI Scholar (<http://scholar.cnki.net>) – ведущий китайский агрегатор
и поставщик академической информации. CNKI имеет наибольшее количество
пользователей на рынке академических и профессиональных услуг Китая из более чем
20 тыс. учреждений, университетов, исследовательских институтов, правительств,
корпораций, предоставляя им полнотекстовые базы данных CNKI онлайн. С 2008 г.
китайский агрегатор проиндексировал более 60 тыс. журналов и 400 тыс.
электронных книг, трудов более 500 международных издательств, обществ, включая
SpringerNature, Elsevier, Taylor & Francis, Wiley, IOP, ASCE, AMS и др.

Подписные индексы:

– Интернет-каталог «Пресса России» – 87717; T7728; Э87717

– Каталог «Урал-Пресс» – 71000; 87776; 007097; 009901

Chief Editor**MOCHALNIKOV S.V.**Ph.D. (Economic),
Deputy Minister of Energy
of the Russian Federation,
Moscow, 107996, Russian Federation**Members of the editorial council:**

ARTEMIEV V.B., Dr. (Engineering),
Moscow, 115054, Russian Federation

GALKIN V.A., Dr. (Engineering), Prof.,
Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

ZAIDENVARG V.E., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119019, Russian Federation

ZAKHAROV V.N., Dr. (Engineering), Prof.,
Corresp. Member of the RAS,
Moscow, 111020, Russian Federation

KOVALCHUK A.B., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119019, Russian Federation

KOLIKOV K.S., Dr. (Engineering),
Moscow, 119019, Russian Federation

LITVINENKO V.S., Dr. (Engineering), Prof.,
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

MOKHNACHUK I.I., Ph.D. (Economic),
Moscow, 109004, Russian Federation

PETROV I.V., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation

POPOV V.N., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation

POTAPOV V.P., Dr. (Engineering), Prof.,
Kemerovo, 650025, Russian Federation

ROZHKOVA A.A., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation

RYBAK L.V., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119034, Russian Federation

SKRYL' A.I., Mining Engineer,
Moscow, 119049, Russian Federation

SUSLOV V.I., Dr. (Economic), Prof.,
Corresp. Member of the RAS,
Novosibirsk, 630090, Russian Federation

SHCHADOV V.M., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119034, Russian Federation

YAKOVLEV D.V., Dr. (Engineering), Prof.,
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

Foreign members of the editorial council:

Prof. **Guenther APEL**, Dr.-Ing.,
Essen, 45307, Germany

Prof. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering),
Freiburg, 09596, Germany

Prof. **Jozef DUBINSKI**, Dr. (Engineering),
Corresp. Member PAS, Katowice, 40-166, Poland

Sergey NIKISHICHEV, FIMMM, Ph.D. (Economic),
Moscow, 125047, Russian Federation

Prof. **Luben TOTEV**, Dr., Sofia, 1700, Bulgaria

Ugol' Journal Edition LLCLeninsky Prospekt, 2A, office 819
Moscow, 119049, Russian Federation
Tel.: +7 (499) 237-2223
E-mail: ugol1925@mail.ru
www.ugolinfo.ru**MONTHLY JOURNAL, THAT DEALS WITH SCIENTIFIC,
TECHNICAL, INDUSTRIAL AND ECONOMIC TOPICS**

Established in October 1925

FOUNDERSMINISTRY OF ENERGY
THE RUSSIAN FEDERATION,
UGOL' JOURNAL EDITION LLC**SEPTEMBER****9' 2023****UGOL' / RUSSIAN
COAL
JOURNAL****INFORMATION & ANALYTICS****The participating countries of the East Asian
Summit are unanimous in supporting
the sustainable development of the UN
in terms of ensuring reliable energy supply** _____ 4

Meshkov G.B., Petrenko I.E., Gubanov D.A.

**Russia's coal industry performance
for January – June, 2023** _____ 5

Nikiforovich S.O.

75 years of high achievements _____ 14**Dyclar technology: time-proven reliability** _____ 16

Lokhov D.S.

**Slurry pumps: an efficient solution for saving
water and energy in production facilities** _____ 18**The chronicle. Events. The facts. News** _____ 19**HISTORICAL PAGES**

Rozhkov A.A.

**Nikanorov Spartak Petrovich
(to the century of the birth)** _____ 24**PRODUCTION SETUP**

Tsvileva A.E.

**Conceptual approaches to ensuring strategic
sustainability of coal mining companies
in current conditions** _____ 27Altbregren M.A., Chupin A.L., Morkovkin D.E.,
Mikhaylov A.Yu., Kharchenko S.V.**Development of a system of scheduling
and network planning of projects
of power industry enterprises:
the example of "Atomenergoproekt" JSC** _____ 34**INNOVATIONS**Tultabayev M.Ch., Auzhan Shoman,
Zhunusova G.S., Kassymbek Rabiga.**Application of emulsions based
on safflower oil in the coal industry** _____ 40**ECONOMIC**Simonin P.V., Kapustina N.V., Kuzmina A.A.,
Shamalova E.V., Anokhin S.A., Kostromina E.A.,
Kurbatskaya T.B., Kurbatskij N.V.**Shaping an inclusive architecture for hydrogen
economy and coal consumption** _____ 46

Kuzmina O.Yu., Stepanova T.E., Prokaev S.A.

**Specific features of calculation
and distribution of mining rent
in the context of present-day subsoil use** _____ 50**UNDERGROUND MINING**

Zhuravkov M.L., Nikolaev A.V., Kychkin A.V. Presnyakov A.A.

**Research of the digital transformation tools
for the underground mining enterprises
from an electricity demand response
perspective** _____ 55**SURFACE MINING**

Mikhaylova E.S., Ivanova L.A.

**Technologies of full-cycle treatment
of pit and surface wastewater
for open-pit coal mining operations:
trends and prospects** _____ 63

Streletskij A.A., Kubrin S.S.

**Studies of element and particle size
distribution of dust generated
as a result of large-scale blasting
in a coal strip mine** _____ 70**MINING EQUIPMENT**Voronov Yu.E., Voronov A.Yu.,
Dubinkin D.M., Maksimova O.S.**Dispatching in truck-shovel systems
with unmanned transport
at open-pit mines** _____ 75**ECOLOGY**Roslyakov P.V., Skobelev D.O.,
Dobrokhotova M.V., Guseva T.V.**Assessing greenhouse gas emissions
for coal-fired power plants in the context
of carbon regulation development
in the Russian Federation** _____ 84**COAL PREPARATION**Cherkasova T.G., Pilin M.O.,
Tikhomirova A.V., Barancev D.A.**Determination of composition
of coal processing wastes
of the Berezovskaya Central
Concentrating Mill** _____ 90Turetskaya N.Yu., Chikisheva T.A.,
Prokopiev E.S., Emelyanova K.K.**The possibility of obtaining
a commercial product from coal factories
flotation waste** _____ 95Komarova A.G., Chikisheva T.A.,
Prokopiev E.S., Prokopiev S.A.**Occurrence form of potentially
valuable components
in the Krasnobrodskaya-Koksovaya
coal-processing plant waste** _____ 100**ABROAD**Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P.,
Vokin V.N., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V.,
Gerasimova E.I., Shtresler K.A.**Investigating into dynamics of coal mining
and electricity generation capacities
in the State of Victoria using
Earth's remote sensing data** _____ 105

Страны-участницы Восточноазиатского саммита единодушны в вопросах поддержки устойчивого развития ООН в части обеспечения надежного энергоснабжения



Восточноазиатский саммит – площадка стратегического диалога лидеров стран Азиатско-Тихоокеанского региона. В настоящее время участниками саммита являются 18 государств: «десятка» стран АСЕАН и ее диалоговые партнеры – Россия, Австралия, Индия, Китай, Республика Корея, Новая Зеландия, США и Япония. На министерском уровне проводятся ежегодные встречи министров энергетики Восточноазиатского саммита.

Россия в лице ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России впервые выступила в качестве соорганизатора мероприятия Энергетического бизнес-форума АСЕАН, поддержав проведение совместно с ЭСКАТО и Центром по энергетике АСЕАН круглого стола по вопросу развития сотрудничества в области природного газа.

Заместитель министра энергетики Российской Федерации Сергей Викторович Мочальников выступил на панельной сессии «Изучение передовых ядерных технологий для АСЕАН» в рамках Энергетического бизнес-форума АСЕАН-2023. Заместитель главы энергетического ведомства России заверил, что сотрудничество с АСЕАН и ее государствами-членами является одним из приоритетных направлений внешнеполитической деятельности. Он напомнил, что в июне 2023 г. был утвержден План работы Россия – АСЕАН по энергетическому сотрудничеству на 2023–2025 гг., в котором учтены конкретные предложения в целях интенсификации и предметного взаимодействия между Россией и странами – членами АСЕАН по шести направлениям: нефть и природный газ; уголь и экологически чистые угольные технологии; электроэнергетика; атомная энергетика в мирных целях;

возобновляемые источники энергии; альтернативные и низкоуглеродные энергетические технологии.

Сергей Викторович Мочальников принял участие в 17-й встрече министров энергетики Восточноазиатского саммита под Индонезийским председательством. В ходе своего выступления он подчеркнул, что все страны – участницы Восточноазиатского саммита единодушны в вопросах поддержки устойчивого развития ООН прежде всего в части обеспечения надежного энергоснабжения, а также содействия в снижении энергетической бедности и обеспечения всеобщего доступа к энергии.

Заместитель министра отметил, что укрепление энергетической безопасности возможно путем диверсификации источников энергии, расширения и укрепления международных партнерств, демонополизации рынков сопутствующих услуг, в том числе

логистических. При этом, по его словам, в контексте энергетического перехода важно ориентироваться на национальные особенности стран, которые выбирают тот или иной путь по его достижению.

«Уже сейчас российскую энергетику отличает высокая доля низкоуглеродных источников энергии – их доля в балансе выработки электроэнергии в России составляет 85,5%. Намерены и далее развивать безуглеродную атомную генерацию, гидроэнергетику и водородную энергетику», – сказал он.

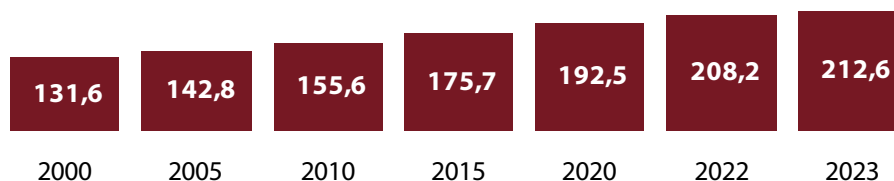
Также на полях саммита заместитель министра провел двустороннюю встречу с заместителем генерального секретаря ООН, исполнительным секретарем ЭСКАТО Армидой Алишабаной. Стороны обсудили реализацию текущих и возможных проектов технического содействия в области энергетики, финансируемых за счет средств российского добровольного взноса, а также подготовку к третьему Министерскому энергетическому форуму под эгидой ЭСКАТО, который пройдет 19–20 октября 2023 г. в Бангкоке. В качестве перспективного направления сотрудничества Россия отметила разработку единого согласованного подхода к оценке и управлению ресурсами, адаптированного для использования в правительственных, статистических, корпоративных и финансовых целях.

Кроме того, Сергей Мочальников встретился с министром энергетики и минеральных ресурсов Индонезии Арифимом Тасрифом. Стороны обменялись мнениями по текущим и перспективным проектам двустороннего сотрудничества, а также определили дальнейшие потенциальные направления расширения взаимодействия в сфере ТЭК. В заключение российская сторона пригласила индонезийскую делегацию на «Российскую энергетическую неделю», которая пройдет в октябре 2023 г. в Москве.

Пресс-служба Минэнерго РФ

ИТОГИ РАБОТЫ угольной промышленности России за I полугодие 2023 года

Добыча угля в России за I полугодие, млн т



Источник: Росстат.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-5-13>

Источники использованных данных: Росстат, Департамент угольной промышленности Минэнерго России, ЦДУ ТЭК – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, пресс-релизы угольных компаний, а также отечественные и зарубежные литературные и интернет-источники.

Аналитический обзор итогов работы угольной промышленности России за I полугодие 2023 г. сформирован на основе ежемесячных (оперативная информация) статистических, технико-экономических и производственных показателей деятельности предприятий по добыче и переработке угля, сопровождается диаграммами, таблицами и обширными статистическими данными.

Ключевые слова: добыча угля, добыча коксующегося угля, экономика, переработка угля, рынок угля, отгрузка угля, экспорт и импорт угля.

Для цитирования: Мешков Г.Б., Петренко И.Е., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за I полугодие 2023 года // Уголь. 2023. № 9. С. 5-13. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-5-13.

МЕШКОВ Г.Б.

Директор ЦДУ ТЭК – филиала
ФГБУ «РЭА» Минэнерго России

ПЕТРЕНКО И.Е.

Горный инженер,
канд. техн. наук,
e-mail: coaldepartment@inbox.ru

ГУБАНОВ Д.А.

ЦДУ ТЭК- филиал
ФГБУ «РЭА» Минэнерго России

ВВЕДЕНИЕ

Россия является одним из мировых лидеров по производству и экспорту угля, она занимает пятое место в мире по объемам угледобычи после Китая, Индии, Индонезии и США (на долю России приходится около 5% мировой угледобычи) и третье место в мире по экспорту угля после Индонезии и Австралии (на международном рынке на долю России приходится около 15%).

По сведениям Минприроды России, запасы угля в России расположены в границах 22 угольных бассейнов и 146 отдельных месторождений. По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых, запасы угля в РФ по состоянию на 01.01.2022 категории А+В+С₁ составляют 195,9 млрд т, категории С₂ – 78,4 млрд т. Прогнозные ресурсы угля составляют: по категории Р₁ – 468 млрд т, Р₂ – 388 млрд т, Р₃ – 672,9 млрд т.

Запасы каменного угля оцениваются в 120,4 млрд т (из которых 50,1 млрд т пригодны для коксования), запасы бурого угля – в 146 млрд т. Запасы антраци-

тов учитываются в объеме 9 млрд т. Порядка 174,6 млрд т (63%) запасов угля пригодны для условий открытой разработки.

По данным ЦДУ ТЭК, фонд действующих угледобывающих предприятий России в I полугодии 2023 г. насчитывает 189 предприятий, в том числе 54 шахты и 135 разрезов. Суммарная производственная мощность угледобывающих предприятий, по сведениям Минэнерго России, на начало 2022 г. составила 523 млн т угля в год.

В России уголь потребляется практически во всех субъектах Российской Федерации. Основные потребители угля на внутреннем рынке – это электростанции и коксохимические заводы. Из угледобывающих регионов самым крупным производителем и поставщиком угля является Кемеровская область – Кузбасс, в I полугодии 2023 г. здесь произведено около половины (49,7%) всего добываемого угля в стране, а также 61,4% углей коксующихся марок. Кузбасс является также крупнейшим экспортером российского угля (54,4%), в том числе для коксования.

МИРОВАЯ ДОБЫЧА УГЛЯ

Британская нефтегазовая компания British Petroleum (BP) больше не будет выпускать ежегодный статистический обзор мировой энергетики (Statistical Review of World Energy). Теперь выпуск указанного обзора будет осуществляться организацией Energy Institute (EI), членами которой являются специалисты, работающие в энергетической сфере, об этом заявила пресс-служба BP¹.

По итогам 2022 г. Россия занимает 5-е место в рейтинге крупнейших мировых производителей угля, годом ранее в этом рейтинге она занимала 6-е место. При этом доля Российской Федерации в общемировой добыче угля составила в 2022 г. 5,4% (для сравнения: доля Китая в этот же период составила 50,6%).

Добыча угля крупнейшими странами – мировыми производителями угля в 2012-2022 гг., млн т

№№	Страны-углепроизводители	Г о д ы										
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1.	Китай	3945,1	3974,3	3873,9	3746,5	3410,6	3523,6	3697,7	3846,3	3901,6	4125,8	4560,0
2.	Индия	605,6	608,5	646,2	674,2	689,8	711,7	760,4	753,9	760,2	812,3	910,9
3.	Индонезия	386,1	474,4	458,1	461,6	456,2	461,2	557,8	616,2	563,7	614,0	687,4
4.	США	922,1	893,4	907,2	813,7	660,8	702,7	686,0	640,8	485,7	523,8	539,4
5.	Россия	354,6	352,1	359,0	373,4	386,9	411,2	441,9	442,7	402,6	442,3	443,5
6.	Австралия	448,2	472,8	505,3	503,7	502,1	487,2	502,0	505,4	470,0	460,3	443,4
7.	ЮАР	258,6	256,3	261,4	252,2	249,7	252,3	250,0	254,4	246,2	229,8	225,9
8.	Германия	196,2	190,6	185,8	184,3	175,4	175,1	168,8	131,3	107,4	126,3	132,5
9.	Казахстан	120,5	119,6	114,0	107,3	103,1	112,3	118,5	115,0	113,4	116,2	118,0
10.	Польша	144,1	142,9	137,1	135,8	131,0	127,1	122,4	112,4	100,7	107,6	107,5
Мировая добыча, всего		8188,0	8254,5	8179,1	7950,0	7478,7	7696,5	8066,9	8109,2	7740,8	8159,5	8803,4
В том числе страны ЕС		575,9	543,9	527,3	521,3	481,6	492,2	473,4	397,3	318,8	348,9	368,6

Источник: Energy Institute – Statistical Review of World Energy, 2023 (72nd edition), Россия – по данным ЦДУ ТЭК.

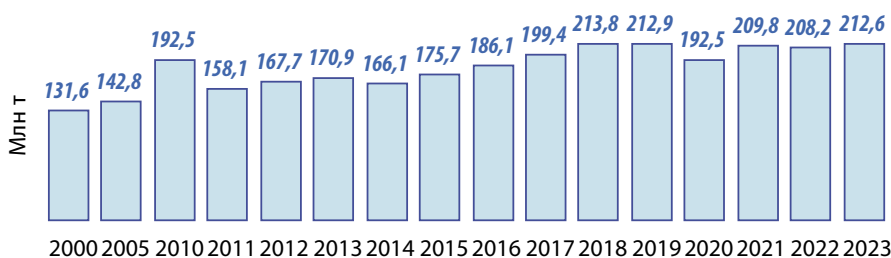
ДОБЫЧА УГЛЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Добыча угля в России за I полугодие 2023 г. составила, по данным Росстата, 212,6 млн т. Отмечен рост объема добычи угля по сравнению с уровнем первого полугодия 2022 г. на 2,3 млн т, или на 1,1%.

По данным ЦДУ ТЭК², добыча угля в России за I полугодие 2023 г. составила 217 млн т. Она увеличилась по сравнению с первым полугодием 2022 г. на 2,9 млн т, или на 1,4%. Поквартальная добыча составила: в первом квартале – 108,1 млн т; во втором – 108,9 млн т.

Добыча угля подземным способом составила 49,1 млн т угля (на 3,3 млн т, или на 6,2% меньше, чем годом ра-

Добыча угля в России в I полугодии 2000-2023 гг.



Источник: Росстат.

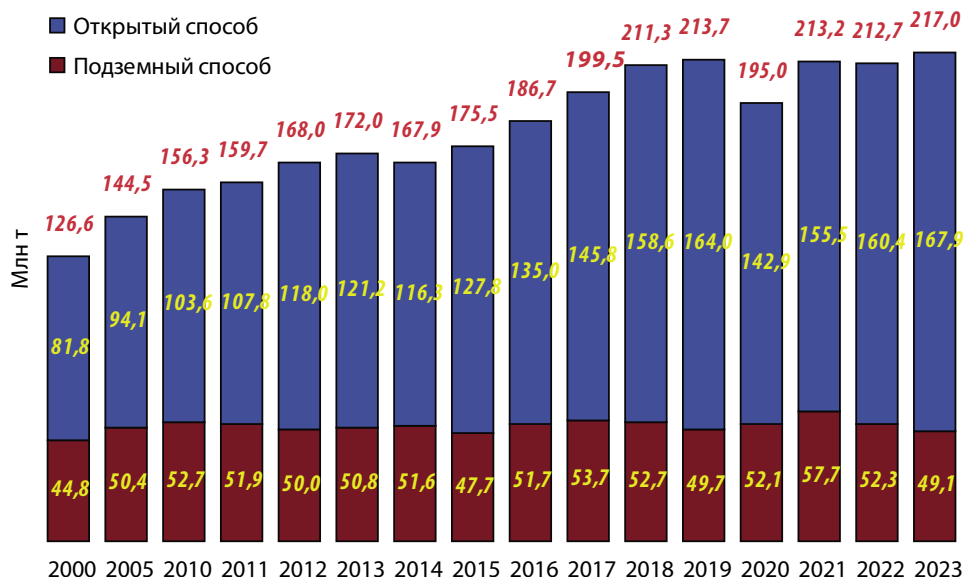
¹ «Коммерсант», 28.02.2023.

² Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России.

нее). Из них в первом квартале добыто 24,8 млн т, во втором – 24,3 млн т. Добыча угля открытым способом составила 167,9 млн т (на 6,2 млн т, или на 3,8% выше уровня первого

полугодия 2022 г.). В первом квартале добыто 83,3 млн т, во втором – 84,6 млн т. Удельный вес открытого способа в общей добыче составил 77,7% (годом ранее было 75,5%).

Добыча угля в России в I полугодии 2000-2023 гг. по способам добычи



Источник: ЦДУТЭК.

ДОБЫЧА УГЛЯ ПО УГОЛЬНЫМ БАССЕЙНАМ И ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ

За I полугодие 2023 г. проведено 179,4 км горных выработок (на 7,2 км, или на 3,9% ниже прошлогоднего уровня), в том числе вскрывающих и подготавливающих выработок – 147 км (на 0,6 км, или на 0,4% меньше, чем годом ранее). При этом уровень комбайновой проходки составляет 95,4% от общего объема проведенных выработок (годом ранее этот показатель составлял 96,1%).

Объем вскрывных работ за январь-июнь текущего года составил 1172,1 млн м³ (на 26,9 млн м³, или на 2,2% ниже объема аналогичного периода 2022 г.).

В I полугодии 2023 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года добыча угля увеличилась

только в двух из пяти основных угольных бассейнов страны: в Канско-Ачинском бассейне – 22,6 млн т (+2,4 млн т, 111,6%) и в Донецком бассейне – 3,1 млн т (+0,15 млн т, 105,1%). Снижение добычи угля отмечено в Кузнецком бассейне – 107,8 млн т (-0,8 млн т, 99,3%), в Южно-Якутском бассейне – 17,3 млн т (-1,9 млн т, 90,3%) и в Печорском бассейне – 3,8 млн т (-1,6 млн т, 70,2%). Снижение добычи угля в Кузнецком и Южно-Якутском бассейнах объясняется проблемами вывоза угольной продукции в направлении портов Дальнего Востока по причине недостаточной пропускной способности Восточного полигона ОАО «РЖД».

Крупнейшие производители российского угля	I полугодие 2023 г., тыс. т	% к 2022 г.
АО «СУЭК»	56007,9	106,4
ООО УК «ЭЛСИ»	23043,4	102,3
АО УК «Кузбассразрезуголь»	20149,5	102,2
ООО «ЕвразХолдинг»	8970,0	88,7
En+ Group	8025,7	113,3
АО «Стройсервис»	7044,9	88,0
АО ХК «СДС-Уголь»	6724,4	99,3
ООО «Восточная Горнорудная Компания» (разрез «Солнцевский»)	6130,1	134,3
ПАО «Кузбасская Топливная Компания» (разрез «Виноградовский»)	5972,0	118,0
ООО «УК «Колмар»	5702,8	97,8
ООО «Новая Горная УК»	5070,5	133,1
АО «Русский Уголь»	5041,7	100,6
Группа компаний ТАЛТЭК	4777,9	128,4

Крупнейшие производители российского угля	I полугодие 2023 г., тыс. т	% к 2022 г.
ПАО «Мечел»	4533,9	75,8
ООО «Ресурс»	4008,0	93,5
АО «ВоркутаУголь»	3772,4	70,2
АО УК «Сибирская»	3265,8	137,3
ООО УК «Талдинская»	2463,5	85,6
ООО «ММК-Уголь»	2243,0	86,6
ООО «МелТЭК»	2074,0	109,9
ООО Каракан Инвест	1666,2	75,8
ООО «УЛК» (Разрез «Аршановский»)	1663,9	82,2
ООО «Западно-Сибирская УК»	1613,4	125,1
ПМХ-Уголь	1252,5	90,0
АО УК «Сила Сибири»	1228,8	189,5
ООО «Сибурголь»	1213,8	107,8
ООО «Ш/у «Садкинское»	1027,0	97,1

Источник: ЦДУТЭК.

В январе-июне 2023 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года добыча угля возросла в трех из четырех федеральных округов России, где осуществляется добыча угля: в Сибирском ФО – 160,2 млн т (рост на 1,1%), Южном ФО – 3,1 млн т (рост 5,1%) и в Дальневосточном ФО – 44,7 млн т (рост на 4,3%). Добыча угля снизилась в

Северо-Западном ФО, где было добыто 3,8 млн т (снижение на 29,7%)

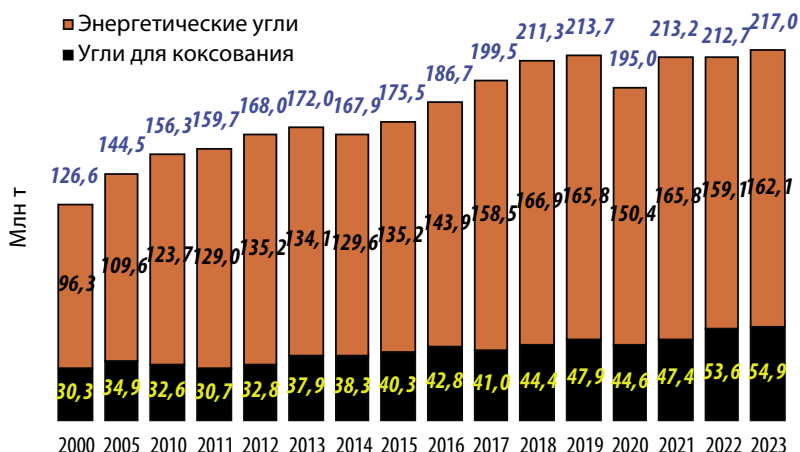
Приведенные в таблице компании по добыче угля суммарно добыли в I полугодии 2023 г. 189450,2 тыс. т угля, что составляет 87,3% от общего объема угледобычи в России за указанный период.

ДОБЫЧА УГЛЯ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ

В I полугодии 2023 г. в России было добыто 54,9 млн т коксующегося угля, что на 6,2 млн т (-0,6 млн т, 98,9% к уровню аналогичного периода 2022 г.). Доля углей для коксования в общей добыче составила 25,3% (годом ранее было 25,2%). Основной объем добычи этих углей пришелся на предприятия Кузбасса – 61,4%. Здесь было добыто 33,8 млн т угля для коксования, что на 2,1 млн т больше, чем годом ранее (+6,7%). В Республике Саха (Якутия) было добыто 14,8 млн т угля для коксования (-1,6 млн т, 90,3%). Добыча коксующегося угля в Печорском бассейне составила 3,8 млн т (-1,6 млн т, 70,2%).

Перечисленные в таблице углепроизводители суммарно добыли в I полугодии 2023 г. 50386,9 тыс. т угля для коксования, что составляет 91,7% от общего объема добычи этого вида углей в России.

Добыча угля в России в I полугодии 2000-2023 гг. по видам углей



Источник: ЦДУ ТЭК.

Крупнейшие производители российского угля для коксования	I полугодие 2023 г., тыс. т	% к 2022 г.
ООО «Распадская УК»	8687,5	88,2
ООО УК «Эльгауголь»	8156,0	97,5
ООО УК «Колмар»	5699,0	97,4
– ГОК «Денисовский»	2285,0	94,8
– ГОК «Инаглинский»	3414,0	100,0
АО «Стройсервис»	4041,9	87,4
АО «ВоркутаУголь»	3772,4	70,2
– ООО СП «Барзасское товарищество»	920,8	107,4
– ООО «Шахта № 12»	1053,5	130,5
– ООО «Разрез «Березовский»	1619,3	170,1
– АО «Разрез «Шестаки»	448,3	82,5
АО УК «Кузбассразрезуголь»	3423,5	99,1

Крупнейшие производители российского угля для коксования	I полугодие 2023 г., тыс. т	% к 2022 г.
АО УК «Сибирская»	3265,8	137,3
АО «СУЭК-Кузбасс»	3062,6	130,3
ООО «Новая горная УК»	2927,8	116,0
– АО «Междуречье»	2323,2	163,2
– АО «Шахта «Антоновская»	348,6	70,7
– АО «Шахта «Большевик»	256,0	114,1
ПАО «Мечел»	2553,0	76,2
– АО ХК «Якутуголь»	941,1	43,0
– ПАО «Южный Кузбасс»	1611,9	143,2
АО «Ургалуголь»	2330,5	122,9
ООО «ММК-Уголь»	2243,0	86,6

Источник: ЦДУ ТЭК.

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Общий объем переработки угля в I полугодии 2023 г. с учетом переработки на установках механизированной породовыборки составил 106118,7 тыс. т (на 4891,6 тыс. т, или на 4,8% выше уровня аналогичного периода 2022 г.).

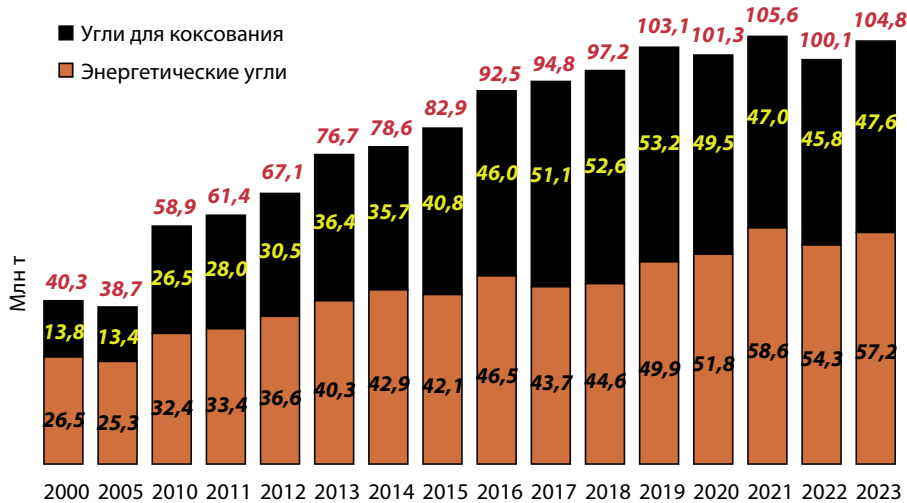
На обогатительных фабриках переработано 104802,3 тыс. т (на 4681,2 тыс. т, или на 4,7% больше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 47642,3 тыс. т (на 2432,9 тыс. т, или на 5,4% выше уровня первого полугодия 2022 г.).

Выпуск концентрата составил 63263,1 тыс. т (на 2227,1 тыс. т, или на 3,6% больше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 29693,6 тыс. т (на 2378,7 тыс. т, или на 8,7% выше уровня первого полугодия 2022 г.).

Выпуск углей крупных и средних классов составил 7329,1 тыс. т (на 874,7 тыс. т, или на 10,7% меньше, чем годом ранее), в том числе антрацитов – 542,9 тыс. т (на 150,5 тыс. т, или на 21,7% ниже уровня первого полугодия 2022 г.).

Дополнительно переработано на установках механизированной породовыборки 1316,4 тыс. т угля (на 210,4 тыс. т, или на 19% выше уровня первого полугодия 2022 г.).

Динамика обогащения угля на обогатительных фабриках России в I полугодии 2000-2023 гг.



Источник: ЦДУТЭК.

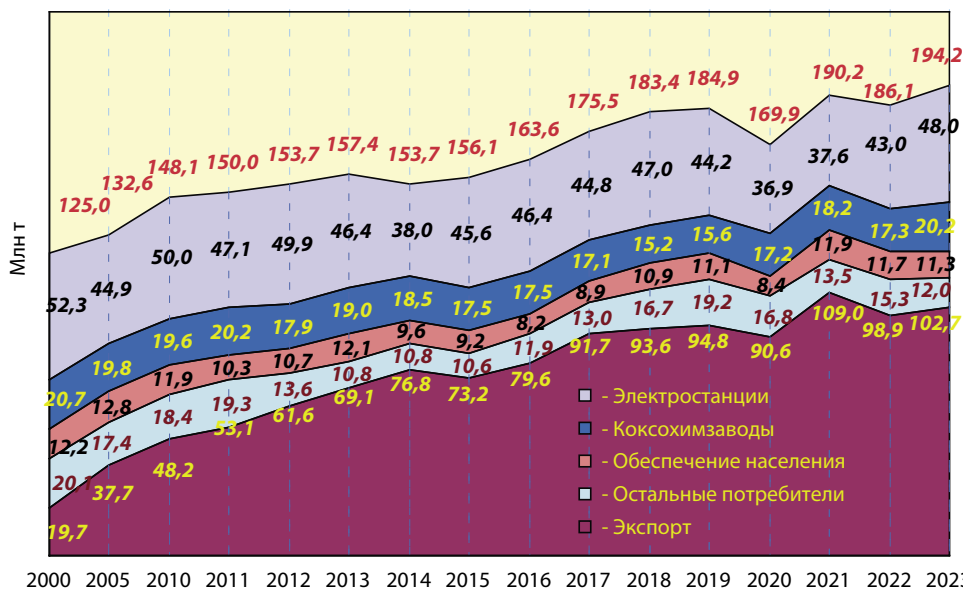
Переработка угля на обогатительных фабриках в I полугодии 2023 г., тыс. т

Бассейны, регионы	Всего			В том числе для коксования		
	6 мес. 2023	6 мес. 2022	К уровню 6 мес. 2022, %	6 мес. 2023	6 мес. 2022	К уровню 6 мес. 2022, %
Всего по России	104802,3	100121,1	104,7	47642,3	45209,4	105,4
Печорский бассейн	4265,0	5017,0	85,0	4265,0	5017,0	85,0
Донецкий бассейн	1964,6	2090,0	94,0	-	-	-
Горловский бассейн	3061,5	3035,1	100,9	-	-	-
Кузнецкий бассейн	68255,0	64978,5	105,0	34540,4	32177,6	107,3
Минусинский бассейн	6546,1	6411,0	102,1	-	-	-
Иркутский бассейн	1218,9	1308,7	93,1	-	-	-
Забайкальский край	6441,5	5326,3	120,9	-	-	-
Южно-Якутский бассейн	8836,9	8014,8	110,3	8836,9	8014,8	110,3
Буреинский бассейн	4212,8	3939,7	106,9	-	-	-

Источник: ЦДУТЭК.

ОТГРУЗКА УГЛЯ

Отгрузка российских углей основным потребителям в I полугодии 2000-2023 гг.



Источник: ЦДУТЭК.

Угледобывающие предприятия России в I полугодии 2023 г. отгрузили потребителям 194,2 млн т угля, что на 7 млн т, или на 3,7% выше уровня первого полугодия 2022 г.

Из всего отгруженного объема, по отчетным данным ЦДУ ТЭК, на экспорт отправлено 102,7 млн т. Это на 3,4 млн т, или на 3,4% выше уровня I полугодия 2022 г.

На внутренний рынок, по данным ЦДУ ТЭК, отгружено 91,5 млн т. По сравнению с первым полугодием 2022 г. отгрузка на внутривоспольский рынок увеличилась на 3,7 млн т, или на 4,2%.

По основным направлениям отгрузка угля на внутривоспольский рынок распределилась следующим образом:

- обеспечение электростанций – 48,0 млн т (+ 5 млн т, или 111,5% к уровню I полугодия 2022 г.);
- нужды коксования – 20,2 млн т (+2,9 млн т, или 116,6% к уровню I полугодия 2022 г.);
- обеспечение населения, коммунально-бытовые нужды, агропромышленный комплекс – 11,3 млн т (-0,8 млн т, или 93,5% к уровню I полугодия 2022 г.);
- остальные потребители (нужды металлургии – энергетика, ОАО «РЖД», Минобороны, Минюст, МВД, Минтранс, ФПС, Росатом, Росрезерв, цементные заводы и др.) – 12,0 млн т (-3,3 млн т, или 78,4% к уровню I полугодия 2022 г.).

ЗАВОЗ И ИМПОРТ УГЛЯ

Завоз и импорт угля в Россию в I полугодии 2023 г. по сравнению с аналогичным периодом 2022 г. снизились на 1,8 млн т (82,9%) и составили 9 млн т.

Завозится и импортируется в основном энергетический уголь, доля завозимого коксующегося угля не превышает 1% от объема завоза/импорта. Практически весь уголь завозится из Казахстана.

С учетом завоза и импорта энергетического угля, на российские электростанции отгружено 56,9 млн т угля (+3,3 млн т, или 106,2% к уровню первого полугодия

2022 г.). С учетом завоза и импорта коксующегося угля на нужды коксования отгружено 20,3 млн т (+2,7 млн т, или 115,2% к уровню первого полугодия 2022 г.).

Всего с учетом завоза и импорта на российский рынок в первом полугодии 2023 г. отгружено 100,5 млн т, что на 1,8 млн т, или на 1,8% больше, чем годом ранее.

При этом доля завозимого (в том числе импортного) угля в отгрузках угля на российский рынок составляет 9,8%. Соотношение объема экспорта к объему завоза угля в первом полугодии 2023 г. составило 11,4.

ЭКСПОРТ УГЛЯ

Объем экспорта российского угля в I полугодии 2023 г., по данным ЦДУ ТЭК, составил 102,7 млн т, по сравнению с аналогичным периодом 2022 г. он увеличился на 3,4 млн т (103,4%).

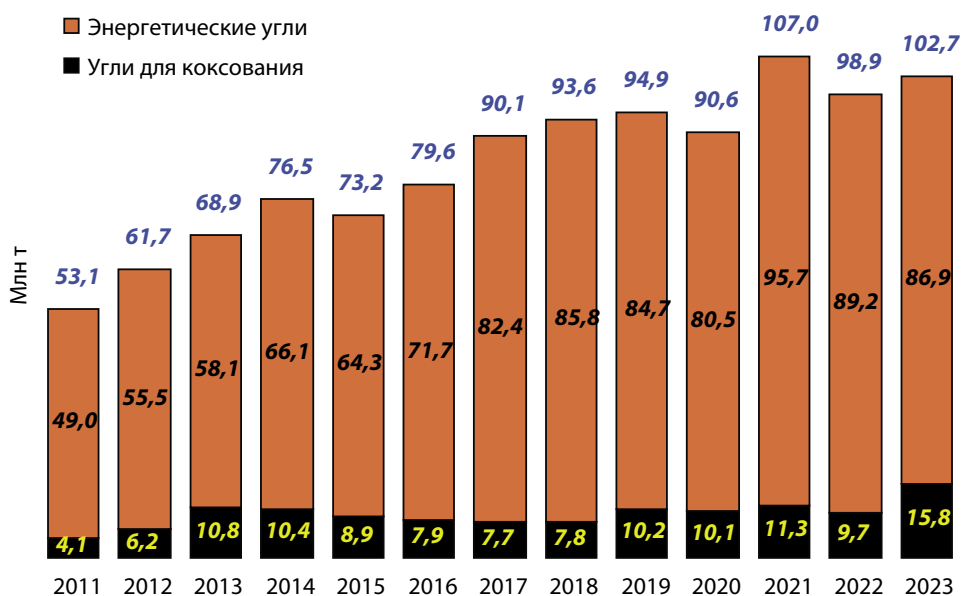
Экспорт составляет 52,9% в общем объеме отгрузки российского угля. Основная доля экспорта приходится на энергетические угли – 86,9 млн т (84,6% общего экспорта углей), доля коксующихся углей (15,8 млн т) в общем объеме экспорта составила 15,4%. Основным поставщиком угля на экспорт является Сибирский ФО (отгружено 73,4 млн т, что составляет 71,5% от общего экспорта), в том числе доля Кузбасса – 54,4% общего экспорта (поставлено 55,9 млн т).

Из общего объема экспорта основной объем угля отгружался в страны Дальнего зарубежья – 97,5 млн т (94,9% общего объема экспорта). В страны Ближнего зарубежья поставлено 5,2 млн т (5,1% общего объема экспорта).

Ситуация с российским угольным экспортом по сравнению с аналогичным периодом прошлого года существенно улучшилась. По итогам 2022 г. почти на 5 млн т в год

возросла провозная способность магистралей Восточного полигона ОАО «РЖД», обеспечивающих вывоз угля через порты Дальнего Востока, что дало возможность увеличить отгрузку угля через эти порты на 5,0% (на сегодняшний день это приоритетное направление вывоза экспортного угля из Кузбасса, Хакасии и Якутии). Кроме того, значи-

Динамика экспорта российского угля по видам углей в I полугодии 2011-2023 гг.



Источник: ЦДУ ТЭК.

тельно (почти на 20%) увеличился вывоз экспортного угля через порты Северо-Запада. Все эти меры создали условия для смягчения ситуации с транспортировкой экспортного угля, обострившейся в 2022 г. в результате антироссийских санкций.

По данным портала «Российский уголь», мировые цены на энергетический уголь в июне 2023 г. показали снижение по отношению к уровню начала года на большинстве основных мировых торговых площадок: Европы (CIF APA) – на 45%, Австралии (FOB Ньюкасл) – на 69%, Колумбии (FOB Пуэрто-Боливар) – на 56,4%, ЮАР (FOB Ричардс Бей) – на 42,4%. Цены на экспортные энергетические угли в российских портах снизились за рассматриваемый период в среднем на 32,9%. Обозначившаяся тенденция снижения цен является весьма

устойчивой – Международное энергетическое агентство опубликовало прогноз, в соответствии с которым спрос на электроэнергию в ЕС во втором полугодии сократится на 3%, а по итогам 2023 г. упадет до 20-летнего минимума. Таким образом, объективные причины для повышения цен на энергетические угли в ближайшее время отсутствуют, однако возможен некоторый рост цен на энергетические угли, связанный с созданием запасов топлива для прохождения предстоящего осенне-зимнего периода.

На рынке коксующихся углей (по данным агентства «Metallplace») также обозначилась тенденция снижения цен, но в меньшей степени – к июню по сравнению с началом года коксующийся уголь Австралии (FOB Квинсленд) подешевел всего на 26%.

Мировые спотовые цены на уголь в I полугодии 2023 г., USD/т*

Мировые торговые площадки	2023					
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Энергетический уголь						
Россия, FOB Балтийское побережье	120,00	110,00	110,00	95,00	85,00	85,25
Россия, FOB порт Восточный	155,00	155,00	138,00	138,13	114,75	98,25
Россия, FOB Черноморское побережье	124,00	114,00	110,00	98,00	91,00	83,00
Австралия, FOB Ньюкасл	410,50	253,17	177,88	192,50	152,46	127,50
ЮАР, FOB Ричардс Бей	178,66	145,53	134,01	129,22	104,23	103,00
Европа, CIF ARA	174,50	130,00	121,50	142,50	128,00	96,00
Колумбия, FOB Пуэрто-Боливар	225,82	142,25	142,00	123,50	91,63	98,50
Индонезия, FOB	113,38	101,46	96,24	94,58	89,62	71,19
Коксующийся уголь						
Австралия, FOB Квинсленд	312,60	384,00	337,40	286,00	231,50	231,5

Источники: энергетический уголь – отраслевой портал «Российский уголь», коксующийся уголь – «Metallplace».

* средняя цена за месяц.

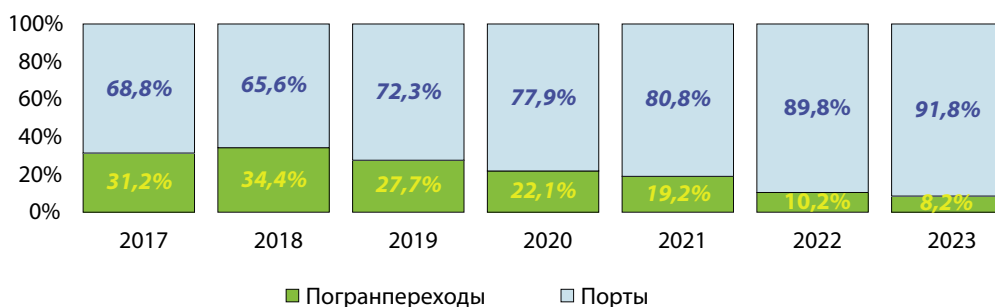
Динамика цен на энергетический уголь по направлению Европа (CIF APA) в I полугодии 2010-2023 гг.*



Источник: ЦДУТЭК.

Экспорт российского угля в I полугодии 2023 г., по данным ОАО «РЖД», составил 101,8 млн т, что на 1,8 млн т больше, чем годом ранее (101,8%). Из всего вывезенного объема угля через морские порты отгружено 93,5 млн т (91,8% общего объема вывоза) и через пограничные переходы – 8,3 млн т (8,2%).

Структура поставок российского угля через порты и пограничные переходы в I полугодии 2017-2023 гг.



Источник: ОАО «РЖД».

Компании – основные экспортеры российского угля	6 мес. 2023	Уровень к 6 мес. 2022, %
АО УК «ЭЛСИ»	20897,6	–
АО «СУЭК»	18940,4	102,0
АО УК «Кузбассразрезуголь»	15593,6	100,0
ООО «ВГК»	5277,2	122,8
АО ХК «СДС-Уголь»	3988,5	90,0
АО «Стройсервис»	3492,0	98,2
ООО «Ресурс»	3251,0	122,1
ПАО «Кузбасская ТК»	2648,4	117,0
ООО «УК «Колмар»	2502,9	92,0
Группа компаний ТАЛТЭК	2363,3	117,2
ПАО «Мечел»	2238,4	82,6
ООО УЛК (Разрез Аршановский)	1530,0	–
ООО «УК Талдинская»	1478,8	76,2
ООО «МелТЭК»	1329,0	101,3
ООО «ЕвразХолдинг»	1280,1	43,5
АО «Русский Уголь»	1184,8	84,1
ООО «УК «Разрез Майрыхский»	1025,0	63,4
ООО Каракан Инвест	1009,3	92,4
АО «УК Сибирская»	869,9	128,5
ООО «Горняк-1»	844,7	143,5

По данным ЦДУ ТЭК, в I полугодии 2023 г. экспорт российского угля осуществлялся в 29 стран, в том числе 6 стран Ближнего и 23 страны – Дальнего зарубежья. Всего два года назад, в 2021 г., картина российского экспорта была несколько иной – 8 стран Ближнего зарубежья и 45 стран – Дальнего. Таким образом, количество стран – экспортеров российского угля существенно сократилось в результате антироссийских санкций – «вассалы» запада просто боятся вторичных санкций со стороны США и их приспешников.

Страны – основные импортеры российского угля	6 мес. 2023	Уровень к 6 мес. 2022, %
Китай	29062,5	178,0
ОАЭ	18109,2	10843,7
Индия	14518,6	275,2
Турция	12429,1	122,6
Гонконг	5590,3	1176,6
Белоруссия	4600,5	684,0
Прочие страны Азии	4314,4	130,6
Южная Корея	3520,0	68,5
Япония	1853,0	18,1
Швейцария	698,4	12,6
Италия	671,1	248,2

Источник: ЦДУ ТЭК.

Вместе с тем, как следует из статистической отчетности, объем российского угольного экспорта не только не сократился, но еще и вырос! Постоянные импортеры российского угля значительно нарастили объемы его закупок: ОАЭ – более чем в 100 раз (!), Гонконг – в 11,7 раза (!), Белоруссия – в 6,8 раза, Индия – в 2,7 раза, Италия – в 2,5 раза, Китай – в 1,8 раза.

Среди перечисленных государств выделяется Италия – единственная в перечне страна Евросоюза, которой знаменитое эмбарго ЕС на поставки российского угля вообще запрещает его приобретение! Тем не менее бывают исключения из правил, поэтому объем российского угольного экспорта за отчетный период вырос к уровню первого полугодия прошлого года и составил 102,7 млн т (+3,4 млн т, 103,4%).

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ ЗА I полугодие. 2023 г.

Показатели	I полугодие 2023 г.	I полугодие 2022 г.	%
Добыча угля, по данным Росстата, всего, тыс. т	212557,0	210289,0	101,0 ↓
Добыча угля, по данным ЦДУ ТЭК, всего, тыс. т:	217027,1	214100,1	101,4 ↓
– в т.ч. подземным способом, тыс. т	49133,6	52385,7	93,8 ↓
– в т.ч. открытым способом, тыс. т	167893,5	161714,4	103,8 ↑
Добыча угля для коксования, тыс. т	54945,0	55563,9	98,9 ↑
Переработка угля, всего, тыс. т:	106118,7	101227,1	104,8 ↓
– в т.ч. на обогатительных фабриках, тыс. т	104802,3	100121,1	104,7 ↓
– в т.ч. на установках механизированной породовыборки, тыс. т	1316,4	1106,0	119,0 ↑
Отгрузка российских углей, всего, тыс. т	194191,7	187174,6	103,7 ↑
– из них потребителям России (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	91508,4	87846,8	104,2 ↑
– экспорт угля (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	102683,3	99327,8	103,4 ↓
Экспорт угля (по данным ОАО «РЖД»), млн т	101,8	100,0	101,8 ↓
– в том числе через морские порты, млн т	93,5	87,6	106,7 ↑
– в том числе через сухопутные погранпереходы, млн т	8,3	12,4	66,9 ↓
Завоз и импорт угля, тыс. т	8972,28	10819,0	82,9 ↑
Отгрузка угля потребителям России с учетом завоза и импорта (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	100480,6	98665,8	101,8 ↑
Полная себестоимость добычи 1 т угля, руб.	4332,08	3861,41	112,2 ↑
Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля, т/мес.	330,8	344,6	96,0 ↑
– в том числе на шахтах, т/мес.	201,5	217,1	92,8 ↑
– в том числе на разрезах, т/мес.	432,2	446,5	96,8 ↑

Показатели	I полугодие 2023 г.	I полугодие 2022 г.	%	
Средняя цена 1 т угля, всего по договорам, руб./т	4614,21	1914,45	241,0	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды электроэнергетики, руб./т	1583,30	1857,89	85,2	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды коксования, руб./т	10533,88	16629,85	63,3	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды ЖКХ, АПК и населения руб./т	2757,16	2730,60	101,0	↑
Средняя численность работников по основному виду деятельности, чел.	141596	143322	98,8	↑
Среднесписочная численность рабочих по добыче угля, чел.	83411	85442	97,6	↓
– в том числе на шахтах, чел.	36652	37959	96,6	↓
– в том числе на разрезах, чел.	46759	47482	98,5	↓
Среднемесячная заработная плата одного работника, руб.	96900,7	84877,7	114,2	↑
– среднемесячная зарплата рабочего по добыче угля, руб.	83411,7	73814,7	113,0	↑
– среднемесячная зарплата ИТР, руб.	117569,1	102836,5	114,3	↑
– среднемесячная зарплата работника аппарата управления, руб.	209914,7	170131,5	123,4	↑
Задолженность по заработной плате, тыс. руб.	0,0	0,0	-	↑
Среднесуточная добыча угля из одного действующего очистного забоя, т	4916,0	4899,0	100,3	↓
Среднесуточная добыча угля из одного комплексно-механизированного забоя, т	4702,0	4724,0	99,5	↓
Проведение подготовительных выработок, тыс. м	179,4	186,6	96,1	↓
– в том числе вскрывающих и подготавливающих	147,0	147,6	99,6	↓
Проведение горных выработок комбайнами, тыс. м	171,2	179,4	95,4	↓
Вскрышные работы, тыс. м ³	1172053,0	1198922,0	97,8	↑

Список литературы

1. Яновский А.Б. Уголь: битва за будущее // Уголь. 2020. № 8. С. 9-14. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-8-9-14.
2. Петренко И.Е. Уголь России – год рекордов и юбилеев. // ТЭК России. 2018. № 2. С. 26-31.
3. Петренко И.Е. Уголь России-2018: впечатляющие победы и скрытые угрозы. // ТЭК России. 2019. № 3. С. 24-29.
4. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за 2020 год // Уголь. 2021. № 3. С. 31-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-31-43.
5. Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за 2021 год // Уголь. 2022. № 3. С. 9-23. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-09-23.

Original Paper

UDC 622.33(470):658.155 © G.B. Meshkov, I.E. Petrenko, D.A. Gubanov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 5-13
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-5-13>

Title RUSSIA'S COAL INDUSTRY PERFORMANCE FOR 1ST HALF-YEAR, 2023

Authors

Meshkov G.B., Petrenko I.E., Gubanov D.A.

Authors Information

Meshkov G.B., Manager of "CDU TEC" – branch of the Russia's Energy Agency, Ministry of Energy of Russian Federation

Petrenko I.E., Mining Engineer, PhD in Engineering Sciences, Independent Mining Consultant – Coal Sector Expert, Honorary Miner, e-mail: coaldepartment@inbox.ru

Gubanov D.A., "CDU TEC" – branch of the Russia's Energy Agency, Ministry of Energy of Russian Federation

Abstract

The article provides an analytical review of Russia's coal industry performance for 1st half-year, 2023, on the basis of statistical, technical, economic and production figures. The review was compiled using data from the Rosstat, Coal Industry Department of the Ministry of Energy of Russian Federation, CDU TEC, coal mining companies data and press coal company releases. Based on statistical, technical, economic and production indicators, an analytical review of the results of the Russian coal industry is accompanied by charts, diagrams, tables and extensive statistics.

Keywords

Coal production, Economy, Efficiency, Coal processing, Coal market, Supply, Coal exports and imports.

ANALYTICAL REVIEW

References

1. Yanovsky A.B. Coal: the battle for the future. *Ugol'*, 2020, (8), pp. 9-14. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-8-9-14.
2. Petrenko I.E. Coal of Russia – the year of records and anniversaries. *TEK Rossii*, 2018, (2), pp. 26-31.
3. Petrenko I.E. Coal of Russia – 2018: impressive victories and hidden threats. *TEK Rossii*, 2019, (3), pp. 24-29.
4. Tarazanov I.G. & Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January–December, 2020. *Ugol'*, 2021, (3), pp. 27-43. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43.
5. Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January – December, 2021. *Ugol'*, 2022, (3), pp. 9-23. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-09-23.

For citation

G.B. Meshkov, I.E. Petrenko & D.A. Gubanov. Russia's coal industry performance for 1st half-year, 2023. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 5-13. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-5-13>.

Paper info

Received August 07, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023



75 лет ВЫСОКИХ ДОСТИЖЕНИЙ



ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» – крупнейший мировой производитель карьерных самосвалов и транспортного оборудования для горнодобывающей и строительной промышленности. Белорусский бренд знают во всем мире: продукция компании используется в 80 странах. Основной, ключевой рынок, конечно, – Российская Федерация. Сегодня БЕЛАЗ – лидер по очень многим направлениям промышленности Беларуси, пример для остальных предприятий. Об этом и многом другом рассказал в интервью генеральный директор ОАО «БЕЛАЗ» Сергей Олегович Никифорович.

Сергей Олегович, 2023-й год – юбилейный для БЕЛАЗа, каким он выдался для вас?

Как вы правильно отметили, в этом году ОАО «БЕЛАЗ» празднует свое 75-летие. За столь немалый срок мы прошли долгий путь от создания небольших машин дорожной техники до производства гигантских самосвалов, работающих на альтернативных видах топлива. Несмотря на то, что для многих из нас этот год выдался непростым, мы выполнили все ключевые показатели эффективности работы предприятия, доведенные Министерством промышленности Республики Беларусь, а также значительно перевыполнили основные целевые показатели деятельности предприятия согласно Бизнес-плану развития, поэтому 2022 год можно назвать в истории компании успешным.

Важно еще сказать, что текущий год обновил тренд на импортонезависимость, поэтому в наши новинки и технику, которая еще находится в стадии разработки и проектирования, уже сегодня вкладываются принципы технологической независимости. Как доказательство своих слов хотел бы отметить 220-тонный БЕЛАЗ-75304 с двигателем «Коломенского завода», на более чем 90% состоящий из комплектующих производства предприятий Союзного государства, и 130-тонный БЕЛАЗ-7513М с высокой долей импортонезависимости и принципиально иной схемой работы – гибридной, при которой используется двигатель малой мощности в сочетании с аккумуляторными батареями.

После ухода с российского рынка зарубежных компаний – производителей карьерной техники БЕЛАЗ активно заполняет пустующие ниши. Как корректируется стратегия предприятия в связи с внешними изменениями на рынке?

2022-й год стал одним из рекордных периодов по объему выручки. Ключевым партнером для нас стала Российская Федерация. Эта страна традиционно является ключевым рынком сбыта для карьерных самосвалов БЕЛАЗ, куда отгружается порядка 90% продукции. Однако уверен, что это не предел, и в следующие несколько лет мы планируем еще больше укрепить и расширить свои позиции в России. Освободившиеся после ухода зарубежных игроков ниши на этом рынке мы готовы заполнить своей техникой и уже успешно это реализуем. Традиционно наши самые крупные покупатели находятся в таких регионах, как Кемеровская область – Кузбасс, Республика Саха (Якутия), Красноярский край, Республика Хакасия, Забайкальский край и Мурманская область. Важно отметить, что мы предоставляем не только саму технику, но и полный комплекс ее технического сопровождения, специалисты которого готовы круглосуточно обеспечивать работоспособность наших машин непосредственно в местах эксплуатации.

Беларусь – одна из самых прогрессивных стран в сфере IT. Какие современные технологии использует БЕЛАЗ, чтобы поддерживать имидж инновационной компании?

Карьерные самосвалы БЕЛАЗ отличаются не только своими внушительными размерами, но и комплексной современной электронной начинкой. Одним из поводов для гордости является наша собственная разработка – интеллектуальная система IMS. Данная технология позволяет осуществлять дистанционный мониторинг технического состояния парка машин, эффективность его работы. Результаты анализа полученных данных помогают качественно повышать эффективность логистической деятельности всего горнодобывающего предприятия за счет уменьшения времени простоя техники и повышения производительности. Что примечательно, всю информацию можно получать непосредственно через мобильное приложение вашего телефона. Данная технология уже активно используется горнодобывающими компаниями ближнего и дальнего зарубежья.

Отдельно также хотел бы упомянуть, что БЕЛАЗ постоянно расширяет научно-техническое сотрудничество с ведущими техническими вузами России по совместной подготовке специалистов в области эксплуатации карьерной техники. Так, в марте прошлого года в Санкт-Петербургском горном университете был открыт Центр компетенций «БЕЛАЗ», который предусматривает по-настоящему инновационный подход к организации обучения специалистов. Помимо прочего, специализированные аудитории БЕЛАЗа также открыты в Кузбасском государственном техническом университете, в Уральском государственном горном университете, Национальном исследовательском технологическом университете МИСиС и в филиале МАГУ в г. Апатиты.

В последнее время БЕЛАЗ регулярно демонстрирует инновационные решения в технике – мы уже видели дизель-троллейвоз, аккумуляторный самосвал, гибридный самосвал... Чем еще планируете удивлять?

У нас еще очень много планов! Один из основных на следующий год – испытание опытного образца карьерного экскаватора на собственном полигоне предприятия в белорусском городе Микашевичи. Это абсолютно новая продукция для БЕЛАЗа, спроектированная с нуля. Экскаватор создан с учетом современного инженерного подхода и потребностей потребителей и рассчитан на использование в паре с карьерными самосвалами от 90 до 130 тонн. И, что важно, его ключевые компоненты – собственные разработки наших специалистов и надежных партнеров из Республики Беларусь и дружественных стран. Я убежден, что по функционалу, производительности и надежности эта техника станет достойным представителем в своем классе машин.

Спасибо, Сергей Олегович! Пусть у вас все получается!





Технология Dyclar: надежность, проверенная временем

Что самое главное при выборе технологии по очистке угольных стоков при равной эффективности и сравнимой цене? Надежность. Мы в группе компаний «Миррико» понимаем под надежностью, что все договоренности будут выполнены вовремя, дедлайны не сорвутся, комплектующие придут в срок, расчеты будут сделаны точно. А оборудование на объекте будет работать одинаково эффективно в день запуска проекта и спустя долгое время после начала эксплуатации. Для подтверждения этого тезиса мы поговорили с экологами шахт, на которые когда-то была поставлена установка Dyclar.

Начали с действующих очистных сооружений шахтных вод шахты Костромовская (ММК-УГОЛЬ). Проект строительства станции доочистки сточных вод был реализован в 2018 г. как ЕРС-контракт: группа компаний «Миррико» взяла на себя проведение опытно-промышленных испытаний, разработку проектно-сметной документации, поставку оборудования, шеф-монтаж, пусконаладку. При этом технология Dyclar модернизировалась под проект.

Во-первых, установку доработали под низкую температуру воды 3-5°C (ранее было принято, что она эффективна при 12-40°C). Во-вторых, был расширен диапазон регулировки производительности насосной станции исходной воды и доработано программное обеспечение АСУТП, так как объем сточных вод на шахте Костромовская непостоянен и меняется в разы в течение одного дня.

Сегодня Dyclar по-прежнему эффективно работает на шахте Костромовская, ежедневно очищая около 4000 м³ воды (табл. 1).



На открытии очистных сооружений на шахте Костромовская

Таблица 1

Показатели степени очистки сбрасываемой воды на шахте Костромовская

Показатель	Исходная вода	Вода на выходе	Степень очистки, %
Взвешенные вещества, мг/л	82	6,7	≈ 92
ХПК	29	12,7	≈ 56
БПК	2,7	1,4	≈ 48
Железо, мг/л	0,2	0,097	≈ 55

Очищенная вода соответствует предельно допустимым концентрациям, закрепленным в нормативах Российского законодательства для сброса в водоемы рыбохозяйственного значения. После прохождения всех этапов очистки 60% полученной чистой воды уходит на технологические нужды (противопожарные нужды плюс борьба с пылью) и 40% сбрасывается в ручей Лог Сухой.

«Нареканий по работе технологии Dyclar у нас нет – установка выдает воду того же качества, что и в начале эксплуатационного периода. При том, что мы придерживаемся экологических норм, требования к технологической воде на предприятии тоже достаточно высокие. Ведь если они будут нарушены, есть вероятность выхода из строя дорогостоящего оборудования», – отметил **эколог шахты Костромовская Александр Цибульник**.

Мероприятия по совершенствованию системы очистки сточных вод на шахте Костромовская продолжают. Производительность установки Dyclar в 2023 г. будет увеличена с 405 до 575 м³/ч – для этого ГК «Миррико» изготовила для ООО «ММК-УГОЛЬ» еще один динамический осветлитель Dyclar. Резерв площади для установки дополнительного осветлителя в здании очистных сооружений был предусмотрен изначальным проектом.

Dyclar на шахте Алардинская (Распадская угольная компания) также работает без нареканий. Проект был запущен в 2021 г. для того, чтобы увеличить производительность очистных сооружений почти в два раза. Благодаря внедрению технологии удалось достичь общей производительности очистных сооружений 1830 м³/ч.

«Обслуживание особых хлопот не приносит. С вводом обновленных очистных сооружений труд машинистов насосно-фильтровальной станции и операторов очистных сооружений стал легче. Многие операции (например, промывка динамических осветлителей) автоматизированы. На смене задействованы 4 сотрудника: оператор очистных сооружений, машинист насосных установок, 2 электрослесаря по ремонту и обслуживанию оборудования», – рассказала **заместитель начальника Управления охраны окружающей среды Распадской угольной компании Зульфия Хамитова**.

Специалист отметила, что после внедрения Dyclar показатели сбрасываемой воды значительно улучшились. Контроль качества по взвешенным веществам здесь проходит до 6 раз в сутки, также ежемесячно аккредитованные лаборатории проверяют сточную воду по 18 загрязняющим веществам, микроорганизмам и общим свойствам (табл. 2).

Таблица 2

Показатели степени очистки сбрасываемой воды на шахте Алардинская

Показатель	Исходная вода	Вода на выходе	Степень очистки, %
Температура, °С	min 6,9	min 7,5	–
Марганец, мг/дм ³	0,0118-0,0176	0,0052-0,0089	≈ 56
Взвешенные вещества, мг/дм ³	84-190	4,5-11,0	≈ 95
Нитрит-ион, мг/дм ³	0,109-0,159	0,012-0,071	≈ 89
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,28-0,31	0,020-0,036	93

После очистки 40% воды используется для технологических и производственных нужд (пылеподавление и орошение в шахте, нужды котельной). Оставшиеся 60% объема сбрасываются в реку Аларда. Также для обработки воды здесь применяются реагенты от ГК «Миррико» – флокулянты серии Seurvey и коагулянты серии Decleave M.

Что объединяет эти два проекта? Стабильное качество воды и отсутствие нареканий как со стороны надзорных органов, так и руководства шахты. Сегодня в портфеле ГК «Миррико» – более 65 реализованных проектов с технологией динамического осветления Dyclar. Значительная часть из них – проекты по очистке угольных стоков. Группа компаний не стоит на месте и внедряет технологии для достижения требуемых показателей воды, в том числе предоставляет инжиниринговые услуги, внедряет разные технологии для достижения требуемых показателей воды.

ГК «Миррико»

mirrico.ru • dyclar.ru
+7 (843) 537 23 93 (доб. 1014)
welcome@dyclar.ru



Telegram



VK

Шламовые насосы: эффективное решение для экономии воды и электроэнергии на предприятиях



ЛОХОВ Д.С.

Генеральный директор TAPP Group,
308024, г. Белгород, Россия,
e-mail: info@tapp-group.ru

Ключевые слова: TAPP Group, шламовые насосы, эффективность, технология механического уплотнения, комбинированное механическое уплотнение с экспеллером.

На обогатительных предприятиях применяются шламовые насосы различных конфигураций. Вода составляет значительную часть расходов при их эксплуатации и оказывает непосредственное влияние не только на ТСО, но и на себестоимость продукции, а соответственно, и на прибыль компании в целом.

При использовании насосов количество потребляемой воды может достигать 1000 м³/ч, что влечет за собой значительные затраты, особенно при использовании традиционной технологии с затворной жидкостью. Для работы этой технологии необходимо поддерживать давление, которое выше давления нагнетания насоса на 70 кПа, что приводит к высокому потреблению электроэнергии и большому расходу воды, достигающему десятков тысяч литров в день. Более того, данная технология имеет существенный недостаток в виде утечки воды и попадания ее в суспензию, что усложняет и удорожает производственный процесс.

Использование комбинированного механического уплотнения с экспеллером позволяет существенно сократить расходы на эксплуатацию и освободить чистую воду для других важных целей. Центробежные (или экспеллерные) уплотнения являются более надежной и экономически выгодной альтернативой традиционным сальниковым уплотнениям в насосах. Они исключают попадание воды в суспензию, легки в обслуживании и требуют меньших затрат на эксплуатацию.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

В шламовых насосах компании TAPP Group в уплотнении вала применена запатентованная технология механического уплотнения без давления с самоциркулирующей охлаждающей жидкости и экспеллером.

Экспеллер герметизирует вал насоса, вращаясь вместе с рабочим колесом и создавая область пониженного давления, которая отталкивает шлам от уплотнения вала. Для обеспечения смазки и охлаждения уплотнения предусмотрен бак-накопитель, который исключает необходимость подключения внешних систем водоснабжения. Охлаждающая жидкость циркуляционной системы устремляется в зону пониженного давления, минует экспеллер и возвращается обратно в бак, тем самым осуществляя процесс рециркуляции. Механическое уплотнение предотвращает любые возможные течи, обеспечивая полную герметичность системы. Использование такой технологии предотвращает попадание твердых частиц в полость механического уплотнения, снижает потребность в охлаждающей воде, уменьшает износ кольца механического уплотнения, а также исключает расходы на строительство и содержание инженерных сетей для подачи воды к насосам. Это значительно снижает стоимость владения оборудованием.

ВЫГОДЫ

Применяя данные насосы, мы не только сократим расходы воды на их эксплуатацию, но и получим другие экономические преимущества.

Техническое обслуживание – это основная часть расходов. Она включает в себя затраты на закупку запасных частей, трудозатраты, а также потери при

простое оборудования на ремонт. Именно поэтому крайне важно обеспечить длительный срок службы оборудования и его комплектующих.

Рабочее колесо имеет большой диаметр и разработано с применением технологии соотношения скоростей двухфазного потока твердой и жидкой фаз. Это позволяет увеличить его срок службы, снизить энергопотребление и увеличить эффективность оборудования. Более того, рабочее колесо, а также внутренние поверхности насоса, контактирующие с водной средой, защищены износостойкой керамической защитой. Срок ее службы в 3-10 раз больше, чем у износостойких сплавов с высоким содержанием хрома, а твердость по шкале Мооса достигает 9, что позволяет минимизировать кавитационные повреждения и обеспечить длительный срок службы оборудования.

Шламовый насос TAPP Group износостойкий и устойчивый к кавитации. Он обеспечит уменьшение затрат и увеличение выгод для предприятия. Применяя его, вы не только оптимизируете работу своего производства, но и обеспечите себя надежным оборудованием, которое высвободит ваше время и внимание на более важные задачи.



Залатентованная технология в механическом уплотнении шламовых насосов TAPP Group исключает течи и сокращает энергопотребление.



Наши контакты:

тел.: +7 (4722) 23-28-39,
+7 (800) 301-27-73
e-mail: info@tapp-group.ru
web: www.tapp-group.ru

Наш YouTube-канал:



Железнодорожники СУЭК отметили профессиональный праздник

В СУЭК есть сотрудники, которые в августе дважды отмечают профессиональные праздники, – это железнодорожники логистических подразделений. В Красноярском крае таким подразделением является Бородинское погрузочно-транспортное управление (ПТУ). Предприятие обеспечивает доставку вагонов под погрузку угля, их вывозку до станции примыкания Российских железных дорог, а также транспортировку вскрышных пород и грузов внутри угольного разреза. В первое воскресенье августа сотрудники и ветераны ПТУ отпраздновали День железнодорожника.

В профессиональный праздник и накануне для рабочих смен в Бородинском ПТУ были организованы небольшие концерты. «Уважаемые коллеги! Я поздравляю всех нас с праздником, – обратился к коллективу **заместитель директора ПТУ по производству Сергей Матыка**. – Благодаря вашему ежедневному труду в домах тысяч красноярцев и жителей Сибири тепло и светло. Я желаю вам успешной, безаварийной работы, роста производственных показателей, стабильности, мира в семьях!»



СУЭК
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

К поздравлениям в адрес железнодорожников присоединился **генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров**: «Железная дорога – это важная часть производственной цепочки по добыче угля. Железнодорожники Бородинского погрузочно-транспортного управления, Красноярской железной дороги – наши ближайшие партнеры, и я искренне благодарю трудовые коллективы за сотрудничество, конструктивный диалог».

Бородинское ПТУ входит в число крупнейших структур промышленного железнодорожного транспорта в России. Собственный локомотивный парк, численность которого составляет порядка 80 единиц, подвижной состав из 230 вагонов-самосвалов, около 160 километров железнодорожных путей, свыше 230 стрелочных переводов, 21 переезд, почти 85 километров контактной сети, современное локомотивное депо, вагоноремонтное хозяйство – все это делает предприятие гарантом надежности и безопасности перевозок.

Пресс-служба АО «СУЭК»

10 ОКТЯБРЯ 2023



**Российская
Энергетическая
Неделя 2023**

Организаторы:



При поддержке:



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ТЕРРИТОРИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДИАЛОГА

ВТОРАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

г. Москва

7 (495) 789 92 92 доб. 2211

tedconf@rosenergo.gov.ru

tedconf.ru



Кузбассразрезуголь утвердил Стратегию развития до 2030 года

Стратегия развития до 2030 года утверждена в УК «Кузбассразрезуголь». Фундаментальный документ закрепляет инициативы и приоритеты, которые позволят крупнейшей в России компании по открытой угледобыче обеспечить стабильность деятельности своих предприятий, а также повысить уровень промышленной безопасности и минимизировать экологическое воздействие горных работ на окружающую среду.

«Выбранный вектор развития Компании до 2030 года определен в соответствии с приоритетами в области ESG. Мы учитываем все внешние вызовы и применяем гибкий подход к стратегическому планированию производства, логистики, инвестиций и системного управления рисками. В перспективе ближайших лет мы намерены сосредоточиться на повышении эффективности производства, охране труда, промышленной и экологической безопасности, заботе о здоровье и благополучии сотрудников. Все это обеспечит устойчивое развитие Компании», – подчеркнул **генеральный директор УК «Кузбассразрезуголь» Станислав Матва**.



КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ

Кузбассразрезуголь на сегодня обеспечен запасами угля как минимум на 100 лет вперед. Филиалы Компании осваивают 16 угольных месторождений в Кемеровской области. Для каждого из них разработаны долгосрочные планы развития, которые учитывают разные ситуации на угольных рынках и позволяют корректировать добычу с учетом увеличения спроса на конкретные марки, а также решать логистические трудности. Реализация стратегии нацелена на увеличение объемов производства высококачественного угля, применение экологичных и более рентабельных технологий, снижение экологической нагрузки.

Компания продолжит внедрение наилучших доступных технологий во все технологические и производственные процессы, в том числе в буровзрывные работы, рекультивацию, очистку сточных вод, сохранение биоразнообразия и др. Для повышения безопасности производства будут применяться самые современные цифровые технологии и программное обеспечение (ПО), продолжится техническое перевооружение парка основного горнотранспортного оборудования и вспомогательной техники.

Кузбассразрезуголь начал применять системы кругового обзора на карьерных самосвалах для повышения безопасности

УК «Кузбассразрезуголь» оснастит карьерные самосвалы системами кругового обзора для более точного мониторинга пространства вокруг автомобиля при движении на сложных участках и маневрировании. Новая технология успешно прошла производственные испытания на Кедровском угольном разрезе и будет применяться в других филиалах Компании для повышения безопасности работы горнотранспортного оборудования.

Для мониторинга слепых зон по периметру карьерного самосвала установлены три видеокамеры. Они расположены на передней и задней частях автомобиля, а также с правой стороны самосвала. Изображение с камер выводится на монитор в кабине водителя. Трансляция в режиме реального времени дублируется на пульт диспетчеру управления автомобильного транспорта.

«Внедрение систем кругового обзора для карьерных самосвалов на предприятиях Компании входит в комплексную программу по снижению травматизма и формированию культуры безопасного труда. Промышленные испытания показали высокую эффективность системы. Водитель получает визуальный контроль над зонами, которые раньше ему были недоступны из-за габаритов и конструктивных особенностей техники, и тем самым имеет возможность предотвращать возможные происшествия», – прокомментировал **директор по производству УК «Кузбассразрезуголь» Роман Смирнов**.



Применение систем кругового обзора стало продолжением сотрудничества УК «Кузбассразрезуголь» с российской компанией «ОКО Системс». Новая технология разработана на основе системы контроля усталости водителей «ОКО Майнинг», которой с 2022 г. оснащаются карьерные самосвалы Кузбассразрезугля. Это бортовое оборудование следит за состоянием водителей во время движения, позволяет проверить использование ремней безопасности и сигнализирует диспетчеру в случае потери водителем концентрации внимания при движении.

Пресс-служба УК «Кузбассразрезуголь»

В Кузбассе торжественно открылась фотовыставка «Люди и машины Новой Горной»



Алексей Дьяков, проходчик шахты «Большевик» показал своей семье, как выглядит его рабочее место и главный рабочий инструмент – рамбур



В рамках празднования Дня шахтёра в Новокузнецке и Междуреченске открылись фотоз экспозиции, посвященные работникам угольной отрасли.

В подготовке выставки приняли участие представители всех предприятий Новой Горной Управляющей Компании. Авторами проекта стали фотограф Юрий Лобачёв и дизайнер Лидия Неборская. Вниманию зрителя были представлены 18 фотопортретов. На снимках запечатлены машинисты экскаваторов, водители самосвалов, рабочие проходческих и добычных участков, обогатители и представители других профессий угольной промышленности – все вместе с техникой, на которой работают. Идея выставки состоит в том, чтобы передать образы тесной связи человека и машины. Каждый портрет сопровождается историей взаимоотношений горняков со своим оборудованием.

«К машине нужен свой подход, ведь у нее есть характер, как у человека. У меня замечательные коллеги, которые умеют ладить с самыми сложными агрегатами. Я горд, что работаю в одной команде с такими профессионалами», – своими впечатлениями поделился **начальник участка по ремонту горных выработок и работе внутришахтного транспорта шахты «Антоновская» Новой Горной УК Сергей Деткин**, который стал героем выставки.

Руководитель направления коммуникаций Новой Горной УК Алексей Рябов прокомментировал: «Компания активно модернизирует производство. На смену старым приходят новые высокотехнологичные машины. Это требует от людей новых навыков, новых умений и большого опыта. В каждом портрете можно увидеть то, насколько человек переплетается, срастается с техникой, в тандеме с которой работает».

Каждый из героев фотопроекта получил на память свой портрет. В Междуреченске выставка расположилась на уличных конструкциях выставочного зала ДК «Распадский», а в Новокузнецке – в самом большом на юге региона ТЦ «Планета».

Денис Жимулев, машинист экскаватора АО «Междуречье», пришел на выставку с женой Анной и дочкой Алисой: «Моя семья в восторге от этого замечательного события».



Ольжерасскому шахтопроходческому управлению – 75 лет

Славный юбилей отметило старейшее предприятие Междуреченска – Ольжерасское шахтопроходческое управление Распадской угольной компании (РУК). Управление уникально тем, что оно появилось раньше города. Первые шахтостроители приехали в поселок Томуса 23 августа 1948 г. Они возводили будущие городские кварталы и строили промышленные предприятия – шахты, обогатительные фабрики.

Главная специализация ОШПУ сегодня – строительство капитальных горных выработок, вертикальных и наклонных стволов, объектов промышленного назначения, разработка новых угольных пластов в Распадской угольной компании.

В управлении – восемь горнопроходческих бригад, которые работают на всех шахтах РУК. ОШПУ – единственное предприятие в компании, имеющее лицензию на подземные буровзрывные работы. В арсенале горняков собственное горношахтное оборудование: 7 погрузочных машин, 5 бурильных установок и 3 проходческих комбайна.

Численность коллектива – более 480 человек. За 75 лет работы проходчики ОШПУ прошли более 57 тыс. м капитальных горных вы-

РАСПАДСКАЯ
УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ

боток, построили 7 вертикальных шахтных стволов глубиной от 150 до 530 м.

На торжественном собрании, посвященном юбилею предприятия, отметили более 50 человек медалями «Заслуженный работник компании», «За трудовое отличие», «За особый вклад в развитие компании», а также почетными грамотами РУК и администраций Междуреченска и Кузбасса.

*Управление по связям с общественностью
Распадской угольной компании*



На торжественном собрании лучших работников ОШПУ отметили медалями и почетными грамотами



Работники сервисной группы ОШПУ один из самых профессиональных в Кузбассе. Они производят монтаж и техобслуживание горношахтного оборудования



Сегодня в шахтах Распадской угольной компании работают 8 горнопроходческих бригад ОШПУ

Выдающийся ученый-концептуалист НИКАНОРОВ Спартак Петрович

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-24-26>

РОЖКОВ А.А.

Доктор экон. наук, профессор,
начальник отдела аналитических
исследований и краткосрочного
прогнозирования развития
угольной промышленности
ФГБУ «РЭА» Минэнерго России,
107996, Москва, Россия,
e-mail: aarozhkov@mail.ru

Цель настоящей статьи – познакомить читателей нашего отраслевого журнала «Уголь» с основными фактами из биографии этого великого Человека-Эпохи и его личным вкладом в развитие концептуального анализа, организационных, информационных и автоматизированных систем управления. Его идеи и разработки явились базовой и ключевой теоретико-методологической и практической составляющей в эволюции процессов управления к переходу на современную машинно-интеллектуальную цифровизацию бизнес-процессов управления производством. Не многие знают, например, что он является, наряду с академиком и кибернетиком В.М. Глушковым, одним из идеологов создания автоматизированных систем управления (АСУ) общегосударственного уровня и наиболее известных отраслевых автоматизированных систем, в том числе в отраслях ТЭК, включая угольную промышленность периода СССР [1].

Ключевые слова: выдающийся ученый, концептуальный анализ, информационные системы управления, автоматизированные системы управления, цифровизация бизнес-процессов управления производством.

Для цитирования: Рожков А.А. Выдающийся ученый-концептуалист Спартак Петрович Никаноров // Уголь. 2023. № 9. С. 24-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-24-26>.



НИКАНОРОВ Спартак Петрович
(30.08.1923 – 20.01.2015)

30 августа 2023 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося ученого-концептуалиста, системщика, методолога и основоположника отечественного научно-технического и практического направления в области проектирования информационных систем организационного управления НИКАНОРОВА Спартака Петровича.

Спартак Петрович Никаноров родился 30 августа 1923 г. в г. Москве. В 1941 г. он окончил 153-ю московскую среднюю школу, в 1950 г. – физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, в 1960 г. – аспирантуру МКБ «Стрела», в 1974 г. – курсы МГУ по социальной психологии.

В 1941 г. С.П. Никаноров – боец и командир роты на оборонительных работах в Смоленской области. В эвакуации в г. Ульяновске – электромонтер 4 разряда на заводе № 3 НКБ. В 1942-1943 гг. – монтажник и наладчик радиоаппаратуры в НИИ физики МГУ. До 1945 г. – техник Военной приемки УЗИП ВЗА ГАУ КА на заводе № 465 НКЭП. До 1950 г. – инженер НИИ-20 Министерства вооружений СССР. С 1951 по 1967 г. – старший инженер, ведущий инженер, начальник группы, начальник лаборатории, заместитель научного руководителя темы, с 1963 г. – главный конструктор АСУ по группе оборонных министерств на предприятии п/я 1323 и МКБ «Стрела».

С 1943 по 1960 г. С.П. Никаноров являлся участником разработки технических систем оборонного значения, он один из создателей уникальной системы противоракетной обороны Москвы.

В середине 1960-х годов С.П. Никаноров становится одним из главных проводников ряда прогрессивных зарубежных подходов в области системного

анализа. Он был первым, кто открыл для Советского Союза западные разработки системы PERT, перевел на русский язык публикации Оптнера и Янга по методологии системного анализа (составил заключение по этим подходам, дав им высокую оценку как инструментам управления созданием сложных технических систем), ввел в повседневный оборот термин система сетевого планирования и управления (СПУ). Этот период деятельности Спартака Петровича относился ко времени, когда только закладывался фундамент современного информационного общества.

В 1963 г. С.П. Никаноров встретился с Побиском Георгиевичем Кузнецовым (1924-2000) – Человеком-легендой, советским и российским мыслителем и ученым-энциклопедистом, специалистом по системам целевого управления и планирования, идейным наследником русского космизма (течение русской философской мысли). Они стали друзьями и соратниками на всю жизнь. Исследования в этой области достигли своего апогея в созданной П.Г. Кузнецовым лаборатории «Системы управления разработками систем» (ЛаСУРС), просуществовавшей до 1971 г. [2]. В это время в Советском Союзе шли прорывные работы в направлении создания организационных технологий, которые были связаны с их именами.

С.П. Никаноров первым понял и оценил идею П.Г. Кузнецова в отношении космической миссии человечества и конструктивного мировоззрения. Эта идея рассматривалась как точка зрения, в соответствии с которой формулировалось системное представление всех исследуемых предметных областей, в том числе и в угольной отрасли.

Именно для решения этой сверхсложной задачи создавалась «Методология концептуального анализа и проектирования систем организационного управления (КАиП СОУ)» С.П. Никанорова. Теперь эта методология является вполне конструктивной, то есть такой, которую можно положить в основу проектирования систем социального формообразования, обеспечивающих достижение поставленных целей в любой организации в каждый конкретный момент времени вне каких-либо политических формаций.

В 1970 г. Спартак Петрович в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Исследование и совершенствование системы учета и анализа научно-исследовательских и проектных работ в угольной промышленности» разработал «Основные методологические положения системы управления проектными институтами угольной промышленности (на уровне Главшахтопроекта)» [3].

В 1971-1975 гг. С.П. Никаноров – главный специалист Всесоюзного института «Оргэнергострой» Минэнерго СССР. В 1975-1981 гг. – заведующий лабораторией, заведующий сектором, отделом ЦНИПИАС Госстроя СССР. В 1981-1987 гг. – заведующий сектором ЦНИИпроекта Госстроя СССР, а с 1987 по 2001 г. – заведующий отделом концептуального проектирования организаций ЦНИИЭУС Госстроя СССР, затем Минстроя РФ и Госстроя РФ.

Спартак Петрович Никаноров предложил оригинальные идеи и решения, принципиально отличающиеся от использовавшихся в тот период и от известных в настоящее время. Центральная из этих идей заключается в том, что системы организационного управления (частью которых являются информационные системы) должны быть воплощением понятийных конструктов, представляющих классы систем. Эта идея дала толчок развитию теории систем, приемов и методов анализа и проектирования систем организационного управления, специализированного математического аппарата, впоследствии объединенных под общим названием «методология концептуального анализа и проектирования», или «организация организаций», или в широком смысле – «организационное оружие».

Под руководством С.П. Никанорова и при его непосредственном участии в 1971-1975 гг. были разработаны теоретические и математические основы проектирования сложных систем, что позволило начать исследования по автоматизации процессов проектирования.

В 1971 г. и в 1976 г. под его руководством и с его участием были выполнены соответственно работы «Автоматизированная система контроля за ходом проектных работ в институтах Шахтопроекта Минуглепрома СССР» и «Системный анализ причин роста сметной стоимости строительства предприятий угольной промышленности». Работы по созданию АСУ в строительном комплексе угольной отрасли выполнялись в период 1971-2003 гг. проектным институтом «Центрогипрошахт», институтами «ВНИИУголь» и «ЦНИЭИУголь» – в отделе «АСУ – капитальное строительство», возглавляемом Наумом Борисовичем Изыгзоном (1934-2014). Все эти работы курировались С.П. Никаноровым, а ответственным исполнителем была Нина Александровна Евдокимова – талантливый экономист-кибернетик, концептуалист, соратник и последователь дела С.П. Никанорова и П.Г. Кузнецова. В 1970-1971 гг. она работала в ЛаСУРС, в настоящее время является членом НПО «Концепт», пропагандирует необходимость и возможность воплощения замыслов своих учителей.

Сегодня, несмотря на то, что, к сожалению, до сих пор отсутствует повсеместное распространение методологии

концептуального анализа и проектирования систем организационного управления, необходимо и реально возможно воплощение идей П.Г. Кузнецова и С.П. Никанорова при совершенствовании управления различными предметными областями на основе их системного представления, в том числе в угольной отрасли.

По материалам вышеприведенных научных отчетов, а также выполненных НИР в период реструктуризации угольной промышленности России нами были написаны и изданы две книги под редакцией С.П. Никанорова: «Менеджмент: от системного до первичного концептуального анализа



в горной промышленности (угольная отрасль)», где дано описание системных представлений и методов их использования применительно к организации управления в угольной отрасли, а также предложены методологические подходы к оценке перспективности развития предприятий по секторам экономики при реализации программ местного развития в углепромышленных регионах [3]; «Альбом рисунков, отображающих системное представление предметных областей. Учебное пособие (угольная отрасль)», предназначенное для того, чтобы дать в руки менеджера новые средства управления организациями угольной отрасли на основе результатов первичного концептуального анализа прикладных предметных областей, представленных в графической форме [4].

С апреля 1990 г. и до ухода из жизни Спартак Петрович Никаноров являлся учредителем и научным руководителем сначала Московского комплексного экспериментального центра «Концепт», а затем, с октября 1992 г. – Аналитического центра «Концепт» и Научно-консалтинговой корпорации «МетаСинтез». С 1993 г. он бессменно возглавлял Ассоциацию концептуального анализа и проектирования, объединяющую ведущие коллективы и отдельных специалистов в области организационного консалтинга.

С 1995 г. он является членом-корреспондентом Международной академии информатизации (МАИ), с 2002 г. – академиком МАИ, с 2007 г. – почетным членом РАЕН, с 1987 г. – профессором МИРЭА, затем, с 1991 г. – МФТИ. В конце 1990-х гг. Спартак Петрович был членом Экспертного совета Комитета по безопасности Государственной Думы РФ.

Свыше двадцати лет ведется подготовка специалистов по концептуальному направлению на специально созданной кафедре «Концептуального анализа и проектирования» (ранее «Прикладных концептуальных методов») в МФТИ.

В настоящее время в угольной отрасли тоже накоплен опыт использования методологии С.П. Никанорова, достаточный для организации процесса обучения студентов горных специальностей новому научно-техническому направлению в области подготовки топ-менеджеров горной промышленности. В частности, создана отечественная научная школа, защищены десятки дипломных работ, ряд кандидатских и докторских диссертаций в различных областях научных знаний, а сегодня успешно работают научные, аналитические, консалтинговые организации, возглавляемые учениками С.П. Никанорова.

Спартак Петрович более сорока лет был руководителем научно-практического направления в области методологии, прикладных методов и специальных средств концеп-



туального анализа и проектирования систем организационного управления (КАИП СОУ). Он глубоко верил в торжество человеческого разума и с честью выполнил возложенную на него миссию. Его подвиг мыслителя и провидца достойно завершила работа «Уроки СССР. Исторически нерешенные проблемы как факторы возникновения, развития и угасания СССР», которая является своего рода интеллектуальным и философским завещанием великого русского мыслителя [5, 6].

Сегодня дело Спартака Петровича продолжают многочисленные ученики «Научно-практической школы Спартака Никанорова», которая развивается уже более полувека и задействует лучшие практики системного мышления, логики, математики, философии и других областей практического знания.

И что самое удивительное, работы С.П. Никанорова и его ближайших последователей не только не утрачивают актуальности для современного времени с его цифровизацией процессов управления, но и адресованы будущим поколениям, которым предстоит реализовывать и нести ответственность за цифровую трансформацию нашего общества, за повышение эффективности и продуктивности киберфизических систем.

Список литературы

1. Емельянов А.А. Идеологи отечественных разработок в области автоматизированных систем управления (К юбилею В.М. Глушкова, С.П. Никанорова, В.Н. Четверикова) // Прикладная информатика. 2009. №1 (19). С. 120-131. URL: <https://glushkov.su/news/ideologi-otechestvennyh-razrabotok-v-oblasti-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniia?ysclid=ll7nrb1uo8899892932>.
2. Евдокимова Н.А. О роли методологии системного анализа С.П. Никанорова в воплощении идей П.Г. Кузнецова // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление». 2015. №4 (29). Т. 11. С. 173-187. URL: <http://www.rypravlenie.ru/?s=Евдокимова&lang=en>.
3. Евдокимова Н.А., Корчак О.А., Рожков А.А. Менеджмент: от системного до первичного концептуального анализа в горной промышленности (угольная отрасль). Под ред. С.П. Никанорова. М.: ООО «Редакция журнала «Уголь», 2012. 305 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=qvjxr>.
4. Евдокимова Н.А., Изыгзон Н.Б., Рожков А.А. Альбом рисунков, отображающих системное представление предметных областей. Учебное пособие (угольная отрасль). Под ред. С.П. Никанорова. М.: ОАО «ЦНИЭИуголь», 2014. 233 с.
5. Памяти Никанорова. URL: <https://zavtra.ru/blogs/pamyati-nikanorova?ysclid=ll9r3urfo54900600>.
6. Никаноров С.П. Уроки СССР. Исторически нерешенные проблемы как факторы возникновения, развития и угасания СССР. М., 2012. 193 с. URL: <https://nikanorovsp.ru/knigi/>.

Концептуальные подходы к стратегическому обеспечению устойчивости работы угледобывающих компаний в современных условиях

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-27-33>

В статье рассматривается опыт работы угледобывающей компании ООО «УК «Колмар» по стратегическому управлению угледобывающими компаниями в условиях долгосрочных санкций, нестабильности и кризисов. Проанализированы стратегические риски угледобывающих компаний в современных экономических условиях. Целью исследования был выбор основных концептуальных подходов к стратегическому обеспечению устойчивости работы угледобывающих компаний в условиях долгосрочных санкций стран Запада и США. Они заключаются в обеспечении роста внутреннего спроса на угольную продукцию, повышении ее качества и расширении ассортимента благодаря применению новых технологий переработки угля, внедрении производственной системы непрерывных улучшений на предприятии (снижении травматизма, применении стандартизированных операционных процедур, снижении денежных затрат за счет сокращения простоев) и др. Эти подходы обеспечивают возможность повышения операционной эффективности предприятия. Эффективное взаимодействие угледобывающих предприятий с администрациями и другими органами власти регионов добычи угля позволяет достичь высокого маржинального эффекта в экономическом состоянии региона. Важной задачей является обеспечение максимальной маржинальной стоимости путем повышения конкурентоспособности угледобывающих предприятий, которая в значительной степени зависит от транспортных затрат. В статье предлагается новая сбытовая модель угледобывающего предприятия, ориентированная на Азиатско-Тихоокеанский регион и учитывающая необходимость изменения способов доставки угля клиентам.

Ключевые слова: стратегия, санкции, нестабильность, устойчивая работа, угледобывающие предприятия, логистические цепочки, Азиатско-Тихоокеанский регион, диверсификация угольной продукции, новые технологии добычи и переработки угля.

Для цитирования: Цивилева А.Е. Концептуальные подходы к стратегическому обеспечению устойчивости работы угледобывающих компаний в современных условиях // Уголь. 2023. № 9. С. 27-33. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-27-33.



ЦИВИЛЕВА А.Е.

Канд. экон. наук,
председатель Совета директоров
АО «Колмар Групп»
678960, г. Нерюнгри, Россия,
e-mail: office@kolmar.ru

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основными тенденциями и вызовами формирования устойчивой стратегии развития энергетики Российской Федерации, в том числе угольной отрасли являются:

– структурная перестройка мировой экономики, нарастание кризиса и разрушение механизма экономической глобализации, основанного на неолиберальной экономической модели и доминировании коллективного Запада в международной финансовой, технологической и политической сферах;

– усиление географической неравномерности мирового демографического и экономического роста, обостряющее глобальные проблемы энергетической бедности и доступа к энергии;

– переход к «зеленой экономике», в сфере энергетики предполагающий и обуславливающий энергетический переход;

– политизация международных экономических отношений и институтов, использование их коллективным Западом для сохранения доминирования и достижения геополитических целей посредством введения так называемых «санкций»;

– перевод мировой экономики на новую технологическую основу, снижение значимости уровня природно-ресурсной обеспеченности с одновременным ростом влияния уровня научно-технологического развития и технологического суверенитета;

– неблагоприятное изменение климата и других аспектов окружающей среды [1].

При этом практически для всех перечисленных тенденций характерны высокая нестабильность, неопределенность и непредсказуемость развития, что затрудняет их прогнозирование и стратегическое управление, в том числе инвестиционное, а также планирование развития топливно-энергетического комплекса.

Ключевую роль в формировании новой реальности сыграли события 2019-2022 годов, в особенности пандемия COVID-19 и специальная военная операция Российской Федерации на территории Украины, в результате которых практически во всех сферах международной и государственной жизни подавляющего числа стран мира разразился кризис. Начались фрагментация мировой экономики, диверсификация мировых финансов и резкая поляризация мировой политики, возросла роль силовых факторов и упала значимость международного права и традиционных международных организаций, созданных в послевоенный период.

2022 г. стал третьим годом почти непрерывных шоков. К его началу ситуация была достаточно сложной:

– не до конца преодоленная пандемия COVID-19, начало трудной адаптации к ее среднесрочным структурным последствиям;

– глобальная разбалансировка сырьевых рынков, не полностью восстановившиеся цепочки поставок, локальные дефициты сырья и материалов;

– общий рост неопределенности в оценке перспектив и траекторий будущего развития.

Ситуация резко обострилась после начала Российской Федерацией специальной военной операции на Украине и решения США и ЕС ответить на нее тотальной гибридной войной, в том числе посредством множества «санкций», направленных практически против всех российских секторов экономики и сфер общественной жизни, а также

«вторичных санкций» против стран, не соблюдающих «первичные» [2].

Наряду с общими для топливно-энергетического комплекса проблемами, отраслевыми проблемами и факторами риска в угольной отрасли стали:

– снижение внутреннего спроса и конкуренция угольного топлива с природным газом;

– несбалансированный рост операционных затрат на производство, транспортировку и перевалку в портах угольной продукции;

– глобальные финансовые и политические меры по сокращению потребления угля, вплоть до полного отказа, в рамках энергетического перехода;

– высокий уровень социальной ответственности.

Методы исследования и понятийный аппарат

Исследование проводилось на основании изучения автором наиболее эффективных инструментов обеспечения стратегической устойчивости работы угледобывающих компаний России на примере ООО «УК «Колмар», анализа их возможностей тиражирования на другие предприятия угледобывающей отрасли России.

Стратегические риски угледобывающих компаний

Стратегические риски угледобывающих компаний представлены на рис. 1.

Стратегические направления развития угольной промышленности России требуют изменения существующего организационно-экономического механизма использования угольных ресурсов с учетом требований декарбонизации и глубокой переработки угля [3].

Курс на глобальную декарбонизацию закреплен Парижским соглашением. Оно предусматривает к 2050 г. сокращение выбросов углерода в атмосферу земли до нуля. В Китае экологическая политика также направлена на достижение полной декарбонизации, но к 2060 году [4, 5].

События 2019-2022 годов оказали в целом негативное влияние на энергетический переход, под которым принято понимать три процесса: декарбонизацию, децентрализацию и цифровизацию, к которым в качестве условия добавляют также ослабление связи между темпами экономического роста и темпами роста потребления энергии, из которых благодаря усилиям коллективного Запада практически все внимание мирового сообщества сосредоточено на декарбонизации.

При этом если для коллективного Запада, практически все страны которого являются нетто-экспортерами углеродных энергоресурсов, декарбонизация в форме замещения традиционной генерации на возобновляемые источники энергии совпадает с интересами обеспечения энергетической безопасности (особенно в связи с политикой экономической изоляции России), то для большинства других стран декарбонизация в предлагаемой форме находится скорее в противоречии с их энергетической безопасностью.

Несмотря на сохранение приверженности политики ведущих стран декарбонизации, углеводороды сохраняют значительную роль в энергобалансе мира.

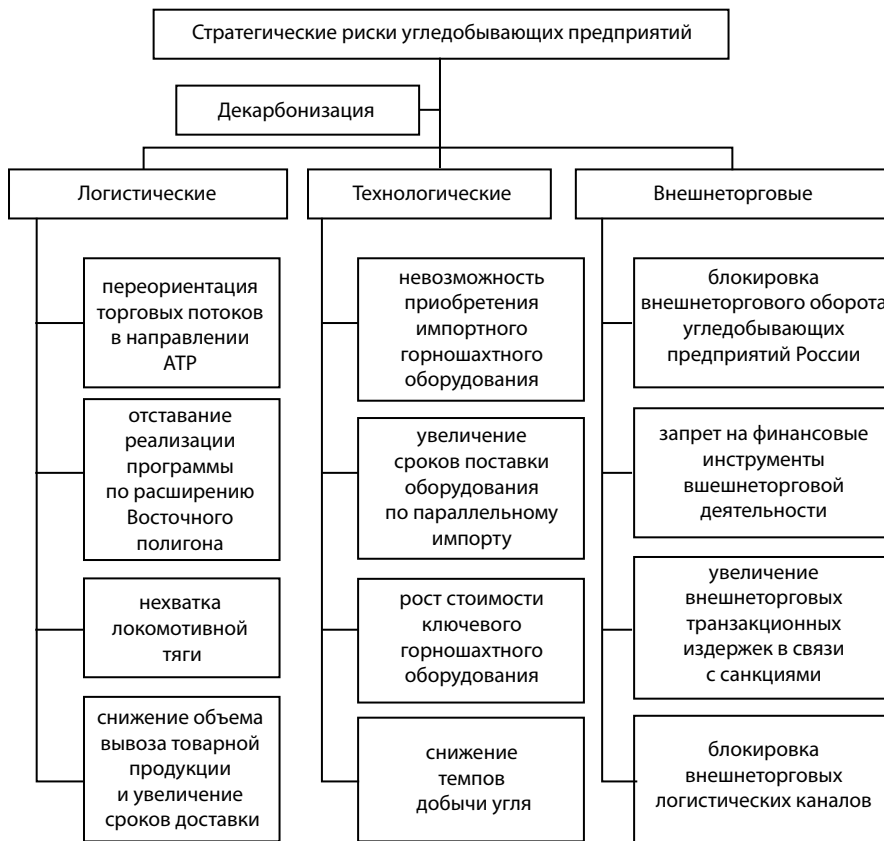


Рис. 1. Стратегические риски угледобывающих компаний
 Fig. 1. Strategic risks of coal mining companies

Основными проблемами и рисками формирования стратегии ООО «УК «Колмар» являются:

- логистические риски – отставание реализации программы по расширению Восточного полигона, нехватка локомотивной тяги на участке Нерюнгри – Ванино и переориентация торговых потоков в направлении АТР по железной дороге приводят к снижению объема вывоза товарной продукции и увеличению срока доставки в порты Дальнего Востока;
- риски оборудования – из-за введенных санкций в отношении угольной отрасли Российской Федерации возросли стоимость ключевого ГШО (не имеющего аналогов, производимого на территории Российской Федерации) и сроки поставки. Кроме того, часть поставщиков ГШО отказалась работать с угольными предприятиями из Российской Федерации, поиск и замена китайским оборудованием требуют длительного времени, что приводит к снижению темпов добычи угля;
- появление существенной дополнительной финансовой нагрузки, связанной с заменой основного имеющегося оборудования для добычи угля, доступного к поставке и последующему сервисному обслуживанию на территории Российской Федерации;
- проблема экспорта – в настоящее время большинство российских сырьевых компаний, в том числе из угольного сектора экономики, столкнулись с санкционными ограничениями, блокирующими сложившийся в прошлые периоды внешнеторговый оборот.

В связи с этим ООО «УК «Колмар» концентрирует свое внимание на снижении себестоимости продукции, увеличении ее маржинальной прибыльности и минимизации логистических ограничений. В данной ситуации без помощи и поддержки государства компаниям, находящимся в активной стадии инвестиционных проектов, выживать будет очень трудно.

Следствиями введенных ограничений (эмбарго) на закупки и транспортировку российских энергоресурсов, а также на инвестиции стали:

- обострение глобальной конкуренции за энергоресурсы и рост мировых цен;
- дефицит судов для транспортировки энергоресурсов и значительный рост стоимости фрахта и транзакционных издержек;
- попытки стран Европы заместить российские поставки нефти и газа импортом из других стран, в первую очередь из США. Это привело к существенному росту цен на электроэнергию и потребления угля в ряде европейских стран;
- перенаправление поставок российских энергоресурсов с европейского и североамериканского рынков

в дружественные и конструктивно настроенные страны;

- нарастающий отказ от американского доллара и переход на иные платежные системы в расчетах за поставки.

Таким образом, в отношении форсированного энергоперехода, продвигаемого в связи с климатической повесткой, общая, глобальная заинтересованность существует только в развитии и расширении применения технологий энергосбережения и повышения энергетической безопасности.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Обеспечение роста внутреннего спроса на уголь

Санкционные и нестабильные условия работы угледобывающих предприятий говорят о необходимости изменения стратегии устойчивого развития угледобывающих предприятий на обеспечение роста внутреннего спроса на угольную продукцию [6]. Этого можно добиться путем диверсификации видов выпускаемой продукции и повышения ее качества. Будущее угольной промышленности за глубокой переработкой угля с целью создания продукции с высокой добавленной стоимостью. Это требует внедрения системы непрерывных улучшений на угледобывающих предприятиях России [7].

Внедрение системы непрерывных улучшений

Внедрение производственной системы (системы непрерывных улучшений) – единые стандарты работы на пред-



Рис. 2. Производственная система непрерывного улучшения ООО «УК «Колмар»

Fig. 2. Production system of continuous improvement at MC Kolmar LLC

приятии, снижение травматизма, стандартизированные операционные процедуры (СОП), снижение денежных затрат за счет сокращения простоев (рис. 2).

Повышение качества социальной политики включает в себя создание высокого стандарта бытовых условий, стандарта спецодежды, создание объектов отдыха и профилакториев, релокационный пакет.

Работа с персоналом (человеческий капитал) ведется в направлении внедрения программ адаптации для нового персонала, программ развития для текущего персонала, разработки программ обучения.

В условиях макроэкономической неопределенности, волатильности цен и курсов наиболее устойчивой компанией станет та, которая эффективно работает с операционными затратами, развивает своих сотрудников и обеспечивает безопасные условия для осуществления трудовой деятельности.

Территории опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР)

В рамках развития компании ООО «УК «Колмар» были заключены соглашения с Республикой Саха (Якутия) – ТОСЭР. Согласно текущей стратегии компании, налоговые платежи в бюджет Российской Федерации в 2017-2027 гг. представлены в табл. 1 и табл. 2 [8].

Помимо налоговых поступлений в региональный и федеральный бюджеты компания выполняет обязательства перед финансовыми организациями и ответственно подходит к вопросу сохранения экологии – построены очистные сооружения шахтных вод, идет рекультивация отработанных лицензионных участков. В период инвестиционной фазы развития ООО «УК «Колмар» планирует потратить более 7 млрд руб. на очистные сооружения и более 200 млн руб. на рекультивацию.

Таблица 1

Налоговые платежи в бюджет Российской Федерации ГОК «Денисовский»

Tax payments to the budget of the Russian Federation by GOK Denisovskiy

Наименование	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.
НДФЛ млн руб.	128	157	224	260	345	466	576	648	695	725	755
Налог на прибыль, млн руб.	0	26	18	65	78	1156	1 387	1081	1008	948	–
Налог на имущество, млн руб.	134	120	96	89	82	128	278	281	266	250	464
НДПИ, млн руб.	20	7	71	47	108	568	1027	651	812	609	990
Итого налоговые поступления, млн руб.	282	310	409	461	613	2318	3268	2661	2781	2532	2209

Налоговые платежи в бюджет Российской Федерации ГОК «Инаглинский»

Tax payments to the budget of the Russian Federation by GOK Inaglinskiy

Налоговые поступления	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.
НДФЛ, млн руб.	57	115	192	237	337	533	631	773	776	820	667
Налог на прибыль, млн руб.	0	6	2	2	23	721	1 074	1 704	1 149	700	120
Налог на имущество, млн руб.	33	28	23	22	20	109	382	490	551	528	946
НДПИ, млн руб.	9	0	39	12	74	604	1 062	1 078	1 394	1 201	1 341
Итого налоговые поступления, млн руб.	99	149	256	273	454	1 967	3 149	4 045	3 870	3 249	3 074

Обеспечение максимальной маржинальной стоимости

В перспективе снижения мирового спроса на уголь основным фактором, определяющим потенциал российского угольного экспорта, является его конкурентоспособность, в значительной степени зависящая от транспортных затрат [9].

В новых сложных экономических условиях ООО «УК «Колмар» пересмотрена стратегия развития компании, определены ключевые параметры, главным из которых является создание продукта с максимальной маржинальной стоимостью – угольного концентрата, который успешно используется в металлургической отрасли в странах Азиатско-Тихоокеанского региона [10].

Для достижения целевых показателей ООО «УК «Колмар» строит новые перерабатывающие предприятия. Сегодня в активе Группы компаний, помимо трех шахт, три обогатительные фабрики. Продолжается строительство второй очереди крупнейшей в России фабрики «Инаглинская-2».

Реализация стратегии развития позволит довести общий объем переработки на всех предприятиях компании до 20 млн т угля. На выходе получается высококлассный концентрат, который используется металлургами в шихте. Он отличается рядом химических показателей, которые, улучшая шихту, снижают ее себестоимость.

Однако в настоящее время в связи с полным эмбарго на энергоносители в страны Европы возникла ситуация, которая показала, что цены на энергетический уголь превосходят цены на концентрат на европейском рынке. В настоящий момент все рынки сконцентрированы на страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), где российские угли демпингуют по сравнению с бенчмарками австралийских углей подобного качества [11].

Формирование новой сбытовой модели компании

Сбытовая модель компании «Колмар» построена с ориентацией на экспорт в страны АТР и отгрузку предприятиям Нерюнгринского района Республики Саха (Якутия). Угольная продукция отгружается в железнодорожные вагоны непосредственно на обогатительных фабриках, где проводятся взвешивание и укатка продукции в вагонах. Реализация угля на внутренний рынок осуществляется на базе поставки СРТ завода-потребителя, реализация на экспорт – через собственный морской терминал ВТУ (ВаниноТрансУголь) [12].

Колмар реализует проект строительства собственного угольного терминала в бухте Мучке порта Ванино:

Первый этап строительства терминала (грузооборот составляет 12 млн т в год) был завершен в 2020 г. В дальнейшем планируется поэтапное увеличение мощности терминала до 24 млн т в год.

Существующая пропускная железнодорожная способность Транссиба и Байкало-Амурской магистрали используется практически на полную мощность. Наибольшую загрузку испытывают на себе локальные участки железнодорожных путей на подъездах к портам. Транспортная стратегия РЖД предполагает значительное увеличение пропускной способности Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей. В частности, участки железнодорожных линий на подходах к портам Восточный и Ванино планируется увеличить в два раза. Успешная реализация стратегии без существенных отклонений по срокам позволит в полной мере обеспечить участников рынка необходимой железнодорожной инфраструктурой.

С учетом закрытия для российских угольных компаний сбытового рынка Европы в 2022 г. произошло резкое увеличение отгрузок в Восточном направлении, что создало дополнительную нагрузку на и так загруженную железнодорожную инфраструктуру. Для выполнения сбытовой программы ООО «УК «Колмар» реализует ряд мероприятий по повышению логистической эффективности бизнеса:

- увеличение доли инновационных полувагонов (75 т/вагон) в структуре отгрузок в адрес терминала ВТУ. Данная операция позволяет отгружать дополнительные 275 т угля в рамках одной отправки (на 55 полувагонов), или 378 500 т/год;

- увеличение доли маршрутных отправок – повышает оборот вагонов на несколько дней, тем самым снижая количество простоя вагонов на сети РЖД;

- разрабатывается программа по созданию собственного парка полувагонов.

В части морской логистики менеджмент компании заключил несколько долгосрочных контрактов по выгодной ставке по доставке угля из терминала ВТУ до портов Северного Китая. Заключение данных контрактов позволяет минимизировать риск волатильности рынка (контракты были заключены в момент падения ставок фрахта на низком рынке) и гарантировать вывоз своей продукции. Исключительная важность таких контрактов обусловлена кризисной обстановкой 2-3 кв. 2022 г., когда из-за американских и европейских санкций многие судовладельцы отказывались заходить в порты российской акватории икратно поднимали ставки (с 12-14 до 24-28 дол. США/т) [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегическое решение проблем обеспечения устойчивой работы угледобывающих предприятий России в условиях санкционного давления стран Запада и США заключается в обеспечении роста внутреннего спроса на уголь, повышении качества и диверсификации угольной продукции, внедрении системы непрерывных улучшений на угледобывающих предприятиях России. Целесообразно применение механизмов повышения эффективности угледобывающих предприятий совместно с администрацией регионов добычи угля и обеспечение максимальной маржинальной стоимости процессов добычи угля и реализации угольной продукции. Необходимы формирование новой сбытовой модели угледобывающих предприятий, ориентированной на Азиатско-Тихоокеанский регион, изменение способов доставки угля клиентам. Дальнейшее исследование концептуальных подходов к обеспечению устойчивости угледобывающих предприятий региона необходимо проводить в направлении их конкретизации и учета особенностей регионов добычи угля.

Накопленный российскими предприятиями угольной отрасли опыт работы в нестабильных экономических условиях пандемии и санкций, безусловно, будет способствовать обеспечению устойчивой их работы в условиях долгосрочных санкций в результате применения предложенных концептуальных стратегических подходов к работе угледобывающих предприятий в кризисных условиях.

Список литературы

1. Рыжкова Ю.А., Батова В.Н. Влияние санкций на экономику России // Азимут научных исследований: экономика и управление. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-sanktsiy-na-ekonomiku-rossii-4> (дата обращения: 15.08.2023).
2. Цивилева А.Е., Голубев С.С. Влияние санкций на работу предприятий угольной промышленности // Уголь. 2022. № 8. С. 84-91. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-84-91.

3. Нехорошков В.П., Соколова Д.А. Влияние тенденций декарбонизации на развитие угольной промышленности // Journal of Economy and Business. 2022. Vol. 6-2. С. 100-104.
4. Китай пообещал прекратить выбросы углерода в атмосферу к 2060 году // Российская газета. 2020. 23 сентября.
5. Yuhong Zhao. Chinese Environmental Law. Cambridge University Press. 2021. P. 471. DOI: 10.1017/9781139600316.
6. 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.
7. Чистникова И.В. Устойчивое развитие угольной промышленности России // Уголь. 2022. № 11. С. 25-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-25-31.
8. Цивилева А.Е., Голубев С.С. Мультипликативный экономический и социальный эффект деятельности территорий опережающего социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) // Уголь. 2021. № 11. С. 33-37. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-33-37.
9. Варкентина А. Западные санкции меняют логистику перевозок в России // Морские порты, 2022. № 2. URL: <http://www.morvesti.ru/> (дата обращения: 15.08.2023).
10. Global Environment Outlook – GEO-6: Technical Summary. UN Environment. April 2021. p. 104.
11. Pasha L. Hsieh. Reassessing the Trade – Development Nexus in International Economic Law: The Paradigm Shift in Asia-Pacific Regionalism // Northwestern J. Int'l L. & Bus. 2017. Vol. 321.
12. Rybak A., Włodarczyk E. Impact of Sustainable Development and Environmental Protection on the Volume of Domestic Hard Coal Sales in Poland // Energies. 2022. Vol. 15. No. 2. P. 443.
13. Maria Camila Suarez-Paba, Ana Maria Cruz. A paradigm shift in Natech risk management: Development of a rating system framework for evaluating the performance of industry // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2022. Vol. 74. 104615.

Original Paper

UDC 658.387:622.3 © A.E. Tsivileva, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 27-33
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-27-33>

Title**CONCEPTUAL APPROACHES TO ENSURING STRATEGIC SUSTAINABILITY OF COAL MINING COMPANIES IN CURRENT CONDITIONS****Authors**Tsivileva A.E.¹¹ "Kolmar Group" JSC, Neryungri, 678960, Russian Federation**Authors Information**

Tsivileva A.E., PhD (Economics), Chairman of the Board of Directors,
 e-mail: office@kolmar.ru

Abstract

The article deals with the experience gained by the Kolmar Coal Mining Company in strategic management of coal mining operations in conditions of long-term sanctions, instability and crises. The article analyzes the strategic risks of coal mining companies in current economic environment. The purpose of the study was to select the main conceptual approaches to ensuring strategic sustainability of coal mining companies in the conditions of long-term sanctions imposed by the Western countries and the United States.

These approaches consist in securing the growth of domestic demand for coal products, improving their quality and expanding their range through introduction of new coal processing technologies, implementation of the production system of continuous improvements in the company, which includes decreasing of the injury rates, introduction of standardized operating procedures, cutting costs by reducing downtime, and other activities. These approaches provide an opportunity to improve the operational efficiency of the company. Efficient interaction of coal mining operations with administrations and other authorities of the coal mining regions helps to achieve a high marginal effect in the economy of the region. An important task is to ensure maximum marginal value by increasing the competitiveness of coal mining operations, which depends largely on the transportation costs. The

PRODUCTION SETUP

article proposes a new sales model for coal mining companies, focused on the Asia-Pacific region, and taking into account the need to change the ways of coal delivery to customers.

Keywords

Strategy, Sanctions, Instability, Sustainability, Coal mining operations, Logistics chains, Asia-Pacific Region, Diversification of coal products, New coal mining and processing technologies.

References

1. Ryzhkova Yu.A. & Batova V.N. Impact of sanctions on the Russian economy. *Azimut nauchnyh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*, Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-sanktsiy-na-ekonomiku-rossii-4> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
2. Tsvileva A.E. & Golubev S.S. Impact of sanctions on operation of the coal industry enterprises. *Ugol'*, 2022, (8), pp. 84-91. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-84-91.
3. Nekhoroshkov V.P. & Sokolova D.A. Influence of recarbonization trends on the development of the coal industry *Journal of Economy and Business*, 2022, (6-2), pp. 100-104.
4. China claims to end greenhouse gas emissions by 2060. *Rossiyskaya gazeta*, Sept. 23, 2020. (In Russ.).
5. Yuhong Zhao. Chinese Environmental Law. Cambridge University Press, 2021, p. 471. DOI: 10.1017/9781139600316.
6. 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.
7. Chistnikova I.V. Sustainable development of the Russian coal industry. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 25-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-25-31.

8. Tsvileva A.E. & Golubev S.S. Multiplier economic and social effect of activities in territories of priority social and economic development in the Republic of Sakha (Yakutia). *Ugol'*, 2021, (11), pp. 33-37. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-33-37.
9. Varkentina A. Western sanctions are changing the freight logistics in Russia // *Morskoe party*, 2022, (2), Available at: <http://www.morvesti.ru/> (accessed 15.08.2023).
10. Global Environment Outlook – GEO-6: Technical Summary. UN Environment, April 2021, p. 104.
11. Pasha L. Hsieh. Reassessing the Trade – Development Nexus in International Economic Law: The Paradigm Shift in Asia-Pacific Regionalism. *Northwestern J. Int'l L. & Bus*, 2017, (321).
12. Rybak A. & Włodarczyk E. Impact of Sustainable Development and Environmental Protection on the Volume of Domestic Hard Coal Sales in Poland. *Energies*, 2022, Vol. 15, (2), p. 443.
13. Maria Camila Suarez-Paba & Ana Maria Cruz. A paradigm shift in Natch risk management: Development of a rating system framework for evaluating the performance of industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2022, (74), 104615.

For citation

Tsvileva A.E. Conceptual approaches to ensuring strategic sustainability of coal mining companies in current conditions. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 27-33. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-27-33.

Paper info

Received August 8, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

В Бородино Красноярского края прошли профессиональные соревнования железнодорожников из семи регионов России

В Красноярском крае прошли профессиональные соревнования «Логистический Олимп СУЭК – 2023». Их участниками стали специалисты подразделений логистики СУЭК из семи регионов России – Красноярского, Приморского, Хабаровского, Забайкальского краев, Кузбасса, республик Хакасия и Бурятия. Мероприятие посвятили Дню шахтёра.

Более 70 специалистов-железнодорожников встретились на площадках Бородинского погрузочно-транспортного управления (ПТУ). Около 160 километров путей, собственный парк из 80 локомотивов, 230 вагонов, современное локомотивное депо, вагоноремонтное хозяйство – ПТУ является крупнейшим предприятием промышленного железнодорожного транспорта не только в структуре СУЭК, но и в целом в России.

Такие серьезные профсоревнования Бородинское ПТУ принимает уже в третий раз. По традиции в мастерстве соревнуются машинисты тепловозов ТЭМ-2 и ТЭМ-7, дежурные по станции, слесари и слесари-электрики по ремонту подвижного состава вагонного и локомотивного хозяйств, специалисты службы централизации и блокировки, монтеры пути. Конкурс состоит из двух этапов. Первый – теоретический на знание правил охраны труда и промышленной безопасности. Второй – практический,



в котором участники демонстрируют не только навыки повседневной работы, но и особое мастерство: например, машинисты тепловозов должны присоединить вагон, не пролив ни капли воды из стаканов, установленных на сцепках.

«Задача подобных конкурсов – помочь сотрудникам выявить свои сильные и слабые стороны, чтобы в дальнейшем скорректировать процессы обучения, обеспечить обмен опытом, укрепить командный дух», – говорит **начальник управления промышленного железнодорожного транспорта, вагоноремонтных активов и инфраструктуры дирекции по логистике АО «СУЭК» Дмитрий Кузнецов**.

По количеству призовых мест победителем стала команда Тугнуйского ПТУ из Бурятии. На втором месте – хозяева соревнований, бородинцы. Третье место разделили железнодорожники из Хакасии и Кузбасса. «В итоге победили все, – уверен **директор Бородинского ПТУ Андрей Карпов**. – Потому что главное – это победа над собой, а на соревнованиях специалисты смогли превозмочь себя, свое волнение и показали лучшие навыки, они – «золотой фонд» логистического дивизиона СУЭК».

Пресс-служба АО «СУЭК»

Разработка системы календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности: опыт АО «Атомэнергопроект»*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-34-39>

АЛЬТБРЕГЕН М.А.

Начальник управления
календарно-сетевого планирования
АО «Атомэнергопроект»,
107996, г. Москва, Россия

ЧУПИН А.Л.

Начальник отдела научного управления
Российского университета
дружбы народов,
117198, г. Москва, Россия,
e-mail: chupin-al@rudn.ru

МОРКОВКИН Д.Е.

Канд. экон. наук, доцент
Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия

МИХАЙЛОВ А.Ю.

Канд. экон. наук, доцент
Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия

ХАРЧЕНКО С.В.

Канд. экон. наук, доцент
Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия

На фоне развития информационных технологий и интернета вещей традиционные методы планирования часто игнорируют производственные законы и знания, скрытые в производственных данных. В современных условиях жесткой конкуренции на мировом рынке предприятия угольной промышленности сталкиваются с более жесткими требованиями к повышению эффективности производства, сокращению потребления ресурсов и снижению производственных затрат. Ядром экономической устойчивости предприятий угольной промышленности становятся системы календарно-сетевого планирования. В связи с этим необходимость экономического развития невозможна без использования информационных технологий. Таким образом, опыт использования комплексной системы управления проектированием АО «Атомэнергопроект» дает возможность существенно повысить эффективность деятельности предприятий угольной промышленности, а именно значительно повысить уровень принятия решений и обеспечить эффективное функционирование технологического процесса. Эффективность оптимизации и оперативность принятия решений – две противоречивые цели, которые необходимы для эффективной работы промышленных предприятий в целом. В связи с этим авторами предложена и описана методика календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности, которая включает результаты математической оценки критериев и ограничений. Авторы считают, что удовлетворение данных критериев и ограничений позволит повысить эффективность работы предприятий угольной промышленности в условиях международных санкций.

Ключевые слова: экономико-математические методы, моделирование, информационные системы, управленческие решения, интеллектуальные системы, угольная промышленность, планирование.

Для цитирования: Разработка системы календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности: опыт АО «Атомэнергопроект» / М.А. Альтбреген, А.Л. Чупин, Д.Е. Морковкин и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 34-39. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-34-39.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда «Математические модели и компьютерные технологии календарного планирования производства и энергетики в условиях экономической неопределенности» № 23-41-10001, <https://rscf.ru/project/23-41-10001>.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема календарно-сетевого планирования разработки проектов предприятий угольной промышленности содержит множество аспектов. К ним относятся: политика ценообразования, вопросы экономического стимулирования, вопросы проработки принципов территориального размещения развиваемых производств, социальные проблемы (связанные, в частности, с территориально-демографическими факторами) и т.д. [1]. Решение этих вопросов является одним из этапов системы комплексного планирования развития угольной промышленности, увязывающего в единое целое отраслевое, территориальное, общеэкономическое планирование в рамках программ по реализации конечных целей общества.

Средствами, которыми предприятия угольной промышленности располагают для разработки системы календарно-сетевого планирования, являются имеющиеся на момент планирования мощности действующих предприятий и капитальные вложения для создания новых мощностей и совершенствования структуры имеющихся [2]. Таким образом, поставленные перед отраслью угольной промышленности цели по выпуску конечной отраслевой продукции будут достигнуты, если отрасли удастся «подстроить» динамику развития производственных мощностей под динамику изменения структуры исходной программы-заявки по годам планового периода.

В этой связи одной из важных проблем разработки системы календарно-сетевого планирования является определение организационных форм применения информационных технологий. Распространение пандемии COVID-19 способствовало резкому изменению экономической и социальной жизни во всех отраслях промышленности стран мира, в том числе Российской Федерации. Главным последствием пандемии COVID-19 стало ускоренное внедрение информационных технологий во всех отраслях промышленности, а именно на предприятиях угольной отрасли. Существенной особенностью внедрения информационных технологий для таких предприятий угольной промышленности является то, что производственный процесс информационных систем ориентирован на сбор, обработку и передачу информации, т.е. на систему обработки информации. Основной задачей технико-экономического планирования создания системы обработки данных является задача планирования ресурсов. При этом планирование ресурсов отождествляется с их распределением по операциям технологической сети с учетом ряда ограничений [3].

В настоящее время требуют специального решения такие вопросы, как системы плановых и отчетных показателей, калькулирование себестоимости работ, методы учета выполняемых работ, технологические процессы производства, системы календарно-сетевого планирования и регулирования, методы расчета экономической эффективности и т.п. [4].

Одним из положительных примеров внедрения информационных систем разработки календарно-сетевого планирования проектов для предприятий угольной промышленности является комплексная система управления

проектированием АО «Атомэнергопроект». Данная система создана на базе информационной системы Planner.

Процесс управления проектированием в системе разделен на следующие блоки:

- планирование. В системе Planner планирование подразделяется на календарно-сетевое планирование, оперативное планирование и недельно-суточное планирование. Интегрирование систем календарно-сетевого планирования, оперативного планирования и недельно-суточного планирования в системе Planner позволяет управлять расписанием с осуществлением горизонтального планирования от 1 недели до 5-7 лет, а также выявлять пики для выравнивания ресурсной загрузки;

- нормативы. Оценка трудозатрат выполняется на основе: разработанных справочников-нормативов на основные виды документов и виды деятельности, калькулятора нормативов. Таким образом, происходит регулярный процесс актуализации по фактическим трудозатратам;

- контроль. Данный блок включает в себя контроль фактически понесенных трудозатрат, что позволяет оценить доступность трудовых ресурсов и провести анализ метода освоенного объема;

- мотивация. Мотивация проектировщиков на основе метода освоенного объема направлена на повышение производительности труда. Для мотивации на качество используется формула 50/50. Это означает следующее: 50% на сдачу документов в архив и 50% по факту подписания акта выполненных работ с заказчиком.

Аналитический модуль системы Planner позволяет визуально контролировать процессы производства, так как данные являются основой для производственного контроля и анализа, а также для выявления отклонений и работы с проблемами.

Актуальность работы системы Planner гарантирована тем, что система интегрирована с информационными системами планирования, управления качеством и управления закупками.

Основной целью системы Planner является обеспечение прозрачности, понятности и предсказуемости работы. На основании своей методологии и инструментов система предоставляет достоверные данные для принятия управленческих решений.

Данная работа построена следующим образом: в разделе 1 авторы описывают проблемы и комплексную систему управления проектированием АО «Атомэнергопроект»; в разделе 2 авторы представляют методику календарно-сетевого планирования проектов предприятий угольной промышленности; в разделе 3 авторы представляют полученные эмпирические результаты – математическую оценку критериев и ограничений, удовлетворение которых позволяет повысить эффективность работы предприятий угольной промышленности. В разделе 4 авторы делают вывод.

МЕТОДИКА КАЛЕНДАРНО-СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Модель задачи планирования ресурсов для предприятий угольной промышленности учитывает ресурсные

ограничения. Это означает, что требуется сопоставить организационную структуру предприятия угольной промышленности с технологической структурой процесса разработки конкретной системы обработки данных [5].

Задача календарного планирования процесса разработки решается поэтапно для каждого уровня управления. Поскольку при переходе с уровня на уровень сущность задачи не меняется, то для простоты изложения рассмотрим ее постановку и метод решения только на втором уровне управления – уровне этапов или работ. Это позволит избежать индексации переменных [6].

Пусть для каждой операции проектирования из множества $A = \{A_j, j = \overline{1, J}\}$ имеется длительность ее выполнения τ_j как функция от количества исполнителей b_j , т.е. $b_j = \tau(b_j)$. Очевидно, что необходимый для успешной реализации операции A_j объем трудовых ресурсов E_j находится в следующем соотношении с количеством исполнителей b_j и временем выполнения операции τ_j .

$$E_j = b_j \cdot \tau_j, j = \overline{1, J}. \quad (1)$$

Поскольку величины E_j известны как результат решения задачи (1), то, зафиксировав условие

$$b_j \cdot \tau_j \leq E_j, j = \overline{1, J} \quad (2)$$

по известной функции $\tau_j = \tau(b_j)$, находим интервалы

$$\underline{b}_j \leq b \leq \overline{b}_j, j = \overline{1, J}; \quad (3)$$

$$\underline{b}_j \leq \tau \leq \overline{b}_j, j = \overline{1, J}, \quad (4)$$

в пределах которых допускается изменение количества исполнителей и длительности выполнения операций проектирования без нарушения условий (2).

Обычно предполагают, что функции $\tau_j = \tau(b_j)$ являются убывающими, и задают их в виде

$$\tau_j = \beta_j b_j - \delta_j, j = \overline{1, J}, \quad (5)$$

где

$$\beta_j = \frac{\tau_j^{\max} - \tau_j^{\min}}{b_j^{\min} - b_j^{\max}} < 0;$$

$$\delta_j = \tau_j^{\min} - \beta_j \cdot b_j^{\max} > 0;$$

$\tau_j^{\min}, \tau_j^{\max}$ – соответственно возможное минимальное и возможное максимальное время выполнения технологической операции A_j ;

b_j^{\max}, b_j^{\min} – максимальное и минимальное количество исполнителей, обеспечивающее выполнение операции A_j соответственно за время $\tau_j^{\max}, \tau_j^{\min}$.

Заметим, что величины $\tau_j^{\min}, \tau_j^{\max}, b_j^{\max}, b_j^{\min}$ являются детерминированными. Они могут быть получены на основе обработки статистических данных или экспертным путем.

Для решения задачи календарного планирования пусть организационная структура предприятия угольной промышленности построена по технологическому принципу, т.е. специалисты распределены по структурным подразделениям, специализирующимся на выполнении определенных видов операций проектирования [7].

На множестве индексов операций проектирования $C = \{1, 2, \dots, j, \dots, J\}$ и множестве индексов структурных

подразделений предприятия угольной промышленности $F^* = \{1, 2, \dots, f, \dots, F\}$ определим матрицу $E = \|e_{jf}\|_{J, F}$ со следующим правилом определения значений элементов e_{jf} [8]:

$$e_{jf} = \begin{cases} 1, & \text{если выполнение операции } A_j \text{ возможно} \\ & \text{в структурном подразделении } f, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Тогда $R_j = \{f : e_{jf} = 1\}$ – множество индексов структурных подразделений, в которых допустимо выполнение операций A_j , а $L_j = \{j : e_{jf} = 1\}$ – множество индексов операций проектирования, выполнение которых допустимо в структурном подразделении f .

Для каждого подразделения задается количество свободного ресурса (количество специалистов [9], которых можно привлечь к выполнению нового проекта) как функция от длительности планового интервала или дискрета планирования $\Delta_{\text{пл}}$, т.е.

$$P_f = P(\Delta_{\text{пл}}), f = \overline{1, F}, \quad (11)$$

где F – количество структурных подразделений на предприятии угольной промышленности.

Как указывалось ранее, для удобства анализа технологическая сеть разбивается [10] на непересекающиеся слои (ранги) A^β ($\beta = \overline{1, B}$), такие, что

$$\bigcup_{\beta=1}^B A^\beta = A, \text{ а } \bigcap_{\beta=1}^B A^\beta = \emptyset,$$

где B – число слоев технологической сети.

Из начальной операции $A_{j_1} \in A^1$ в конечную операцию $A_{j_B} \in A^B$ существует множество путей (цепочек) $S = \{S_r, r = \overline{1, R}\}$, где R – количество цепочек, а

$$S_r = \{A_j; A_j \in A, A_{j_1} \in A^1, A_{j_B} \in A^B, A_{j_k} \leftarrow A_{j_{k+1}}, \lambda = \overline{1, C_r}\},$$

где C_r – число операций проектирования, образующих цепочку S_r .

Введя булевскую переменную

$$x_j^f = \begin{cases} 1, & \text{если операция } A_j \text{ назначена} \\ & \text{на выполнение в подразделении } f \in R_j, \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

математическую постановку задачи календарно-сетевое планирования можно записать следующим образом:

$$a_f^0 = \max_{S_r \in S} \sum_{A_j \in S_r} x_j^f (\tau_j + \xi_j^f) \rightarrow \min; \quad (12)$$

$$\sum x_j^f \cdot b_j \leq P_f(a), f = \overline{1, F};$$

$$(L_f(a) = \{j : j \in L_f \wedge a \in [a_j^{\text{н}}, a_j^{\text{о}}]\}); \quad (13)$$

$$\underline{b}_j \leq b \leq \overline{b}_j, j = \overline{1, J}; \quad (14)$$

$$\underline{\tau}_j \leq \tau_j \leq \overline{\tau}_j, j = \overline{1, J}; \quad (15)$$

$$\tau_j = a_j^{\text{о}} - a_j^{\text{н}}, j = \overline{1, J}; \quad (16)$$

$$a_j^{\text{н}} \geq a_\lambda^{\text{о}} \forall A_\lambda \in A : A_j \rightarrow A_\lambda, j = \overline{1, J}; \quad (17)$$

$$\bigcup_{f=1}^F L_f = C; \quad (18)$$

$$b_j \geq 0, \tau_j \geq 0, a_j^{\text{н}} \geq 0, a_j^{\text{о}} \geq 0, j = \overline{1, J}, \quad (19)$$

где a_j^h, a_j^o – соответственно начало и окончание выполнения операции A_j ; b_j – количество исполнителей операции A_j ; τ_j – длительность выполнения операции A_j ;

$[b_j, \bar{b}_j], [\tau_j, \bar{\tau}_j]$ – интервалы, в пределах которых допуска-

ется варьирование значений b_j и τ_j ; a – текущий момент времени; $L_f(a)$ – множество индексов технологических операций, которые могут выполняться в структурном подразделении f в момент времени a ; $P_f(a)$ – количество специалистов подразделения f , которых можно привлечь для выполнения данного проекта в момент времени a ; ξ_j^f – задержка начала выполнения операции A_j , в подразделении $f \in P_j$; L_f – множество индексов операций проектирования, выполнение которых допустимо в структурном подразделении f ; R_j – множество индексов структурных подразделений, в которых допустимо выполнение операции A_j ; C – множество индексов всех операций проектирования из технологической сети (Т, Д).

Значения $P_f(a)$ и ξ_j^f определяются из следующих соотношений:

$$P_f(a) = P_f - \sum_{L_f(a)} b_j \cdot x_j^f;$$

$$\xi_j^f = a_j^f - a^j,$$

где P_f – величина доступного для данного проекта трудового ресурса f -го подразделения (6); a_j^f – время возможного начала выполнения операции A_j в структурном подразделении $f \in R_j$; a^j – условно-оптимальное время завершения множества операций проектирования, непосредственно предшествующих операции A_j .

В свою очередь, величины a^j и a_j^f определяются следующим образом:

$$a^j = \max_{A_n \in H_j} (a_n^o),$$

где $H_j = \{A_n : A_n \in A, A_n \leftarrow A_j\}$, а

$$a_j^f = \begin{cases} a^j, & \text{если } P_f(a^j) \geq \underline{b}_j \\ a^* > a^j : P(a^* - \varepsilon) < \underline{b}_j \wedge P(a^* + \varepsilon) \geq \underline{b}_j, \end{cases}$$

если $P_f(a^j) \geq \underline{b}_j$,

где ε – некоторый небольшой промежуток времени (существенно меньший принятого дискрета календарного планирования).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установим один из возможных видов зависимости $\tau_j = \tau(b_j)$ для такого рода операций проектирования. Очевидно, что $\tau(b_j)$ – функция, не возрастающая по b_j , а ее изменение пропорционально приросту количества исполнителей, т.е.

$$\Delta \tau_j = B_j \Delta b_j, \quad (6)$$

где B_j – некоторая функция.

Значение B_j в свою очередь также зависит от числа исполнителей:

$$B_j = \beta(b_j). \quad (7)$$

Естественно принять, что зависимость (7) обратно пропорциональная. Тогда можно записать:

$$B_j = \frac{\gamma}{b_j}. \quad (8)$$

где γ – некоторый неотрицательный коэффициент.

Из (6) и (8) получаем:

$$\Delta \tau_j = \left(\frac{\gamma}{b_j} \right) \cdot \Delta b_j$$

или, переходя к пределу, следующее дифференциальное уравнение:

$$d\tau_j = \frac{\gamma}{b_j} db_j.$$

Его общее решение имеет вид:

$$\tau_j = \gamma \ln b_j + C. \quad (9)$$

Константы γ и C в (9) определяем исходя из граничных условий:

$$\tau_j^{\min} = \gamma \ln db_j^{\max} + C,$$

$$\tau_j^{\max} = \gamma \ln db_j^{\min} + C.$$

Окончательно искомая зависимость запишется таким образом:

$$\tau_j = \tau_j^{\min} + \frac{\tau_j^{\max} - \tau_j^{\min}}{b_j^{\min} - b_j^{\max}} \ln \frac{b_j}{b_j^{\max}}. \quad (10)$$

Таким образом:

- критерий (12) должен стремиться к минимуму;
- ограничения (13) показывают, что количество людей не должно превышать возможностей этого подразделения;
- ограничения (14), (15) и (16) не разрешают начинать выполнение операции, если не может быть обеспечено такое количество исполнителей, которое в состоянии выполнить операцию за время, не превышающее \bar{r} .
- ограничения (17), что каждая операция должна быть не меньше времени окончания всех непосредственно предшествующих ей других операций проектирования;
- ограничения (18) означают, что на предприятии угольной промышленности должна быть обеспечена возможность выполнения всего комплекса операций технологической сети (Д, Т);
- выражения (19) задают естественные ограничения на неотрицательность переменных;
- задача (12-19) заключается в нахождении такого распределения операций проектирования по структурным подразделениям проектной организации x_j^f ($j = 1, J, f = 1, F$) и определении календарных сроков их выполнения a_j^h, a_j^o ($j = 1, J$), которые удовлетворяют всем ограничениям как со стороны технологии проектирования и топологии технологической сети (ограничения (14-17), (19)), так и со стороны предприятия угольной промышленности (ограничения (13, 18)) и минимизируют при этом общее время выполнения проектных работ (12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достоинством рассмотренной модели календарно-сетевого планирования АО «Атомэнергoproект» по созданию комплексной системы управления проектированием является то, что данная система позволяет повысить эффективность использования доступных для проектирования трудовых ресурсов. Это обеспечено посредством включения в модель блоков: системы сетевого планирования, системы нормативно-правовых актов, системы контроля, системы мотивации.

Такой подход к календарно-сетевому планированию разработок направлен на повышение эффективности деятельности при создании проектов предприятий угольной промышленности.

Список литературы

1. Воскресенская О.В. Теоретические аспекты календарно-сетевого планирования на промышленном предприятии // E-Scio. 2022. № 10. С. 321-326.
2. Ковшикова Г.А., Кошелева А.В. Оптимизация бизнес-процессов в системе логистического управления промышленного предприятия // Друкерровский вестник. 2022. № 6. С. 114-122.
3. Оценка эффективности технологических процессов на предприятиях машиностроительной отрасли экономики / В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов, А.А. Веселко и др. // Журнал технических исследований. 2022. Т. 8. № 1. С. 30-35.
4. Сауренко Т.Н. Оптимизация параметрических рядов продукции предприятия с учетом случайности рыночного спроса // Журнал исследований по управлению. 2022. Т. 8. № 1. С. 10-16.
5. Модель и метод комплексной стандартизации сложных технических систем / В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов, Е.М. Богоева и др. // Журнал технических исследований. 2022. Т. 8. № 2. С. 20-29.
6. Methodological approach to the formation of the company's portfolio of orders / O. Rostova, V. Anisimov, E. Anisimov et al. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 387. P. 381-390.
7. Innovation and IT Technologies as the Main Element of a Dynamic Business Model / A. Chupin, Z. Chupina, A. Pavlova et al. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. No 509. P. 1123-1132.
8. Ризванов Д.А., Чернышёв Е.С. Модель интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении производственными ресурсами // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 12-1. С. 46-51.
9. Chursin A.A., Kokuytseva T.V. Development of Methods for Assessing the Digital Maturity of Organisations Considering the Regional Aspect // Economy of Region. 2022. Vol. 18. P. 450-463.
10. Approaches for Creating a Digital Ecosystem of an Industrial Holding / A.E. Tyulin, A.A. Chursin, A.V. Yudin et al. // Communications in Computer and Information Science. 2022. 1552 CCIS. P. 433-444.

Original Paper

UDC 658.5:622.3 © M.A. Altbregan, A.L. Chupin, D.E. Morkovkin, A.Yu. Mikhaylov, S.V. Kharchenko, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 34-39
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-34-39>

Title

DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF SCHEDULING AND NETWORK PLANNING OF PROJECTS OF COAL INDUSTRY ENTERPRISES: THE EXAMPLE OF «ATOMENERGOPROEKT» JSC

Authors

Altbregan M.A.¹, Chupin A.L.², Morkovkin D.E.³, Mikhaylov A.Yu.³, Kharchenko S.V.³

¹ "Atomenergoproekt" JSC, Moscow, 107996, Russian Federation

² RUDN University, Moscow, 117198, Russian Federation

³ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125993, Russian Federation

Authors Information

Altbregan M.A., Head of Time and Network Scheduling Division

Chupin A.L., Head of the Department of Research Division,
 e-mail: chupin-al@rudn.ru

Morkovkin D.E., PhD (Economic), Associate Professor

Mikhaylov A.Yu., PhD (Economic), Associate Professor

Kharchenko S.V., PhD (Economic), Associate Professor

Abstract

Against the background of the development of information technology and the Internet of Things, traditional planning methods often ignore production laws and the knowledge hidden in production data. In today's fiercely competitive global market, coal industry enterprises are faced with more stringent requirements to increase production efficiency, reduce resource consumption and reduce production costs. The core of economic sustainability of coal industry enterprises becomes the systems of scheduling and network planning. In this regard, the need for economic development is impossible without the use of information technology. Thus, the experience of using the integrated design management system of «Atomenergoproekt» JSC gives an opportunity to significantly improve the efficiency of coal industry enterprises, namely, to significantly increase the level of decision-making and ensure the effective functioning of the technological process. Efficiency of optimization and efficiency of decision-making are two contradictory goals, which are necessary

for effective operation of industrial enterprises in general. In this regard, the authors have proposed and described a methodology for calendar-network planning of projects of coal industry enterprises, which includes the results of mathematical evaluation of the criteria and constraints. The authors believe that the satisfaction of these criteria and constraints will improve the efficiency of coal industry enterprises under international sanctions.

Keywords

Economic and mathematical methods, Modeling, Information systems, Management decisions, Intelligent systems, Coal industry, Planning.

References

1. Voskresenskaya O.V. Theoretical aspects of schedule-network planning in an industrial enterprise. *E-Scio*, 2022, (10), pp. 321-326. (In Russ.).
2. Kovshikova G.A. & Kosheleva A.V. Optimization of business processes in the system of logistics management of an industrial enterprise. *Drucker Bulletin*, 2022, (6), pp. 114-122. (In Russ.).
3. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Veselko A.A. & Pak A.Yu. Assessment of technological processes efficiency at the enterprises of the machine-building industry. *Journal of Technical Research*, 2022, Vol. 8, (1), pp. 30-35. (In Russ.).
4. Saurenko T.N. Optimization of parametric series of enterprise products taking into account the randomness of market demand. *Journal of Management Research*, 2022, Vol. 8, (1), pp. 10-16. (In Russ.).

PRODUCTION SETUP

5. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Bogoeva E.M., Veselko A.A. & Sysuev S.Yu. Model and Method of Complex Standardization of Complex Technical Systems. *Journal of Technical Research*, 2022, Vol. 8, (2), pp. 20-29. (In Russ.).
6. Rostova O., Anisimov V., Anisimov E., Saurenko T., Peschannikova E. & Shmeleva A. Methodological approach to the formation of the company's portfolio of orders. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, (387), pp. 381-390.
7. Chupin A., Chupina Z., Pavlova A., Skudalova T. & Andreeva E. Innovation and IT Technologies as the Main Element of a Dynamic Business Model. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, (509), pp. 1123-1132.
8. Rizvanov D.A. & Chernyshev E.C. Model of intelligent decision-making support in the management of production resources. *Modern Science-Intensive Technologies*, 2022, (12-1), pp. 46-51. (In Russ.).
9. Chursin A.A. & Kokuytseva T.V. Development of Methods for Assessing the Digital Maturity of Organizations Considering the Regional Aspect. *Economy of Region*, 2022, (18), pp. 450-463.
10. Tyulin A.E., Chursin A.A., Yudin A.V. & Grosheva P.Y. Approaches for Creating a Digital Ecosystem of an Industrial Holding. *Communications in Computer and Information Science*, 2022, (1552 CCIS), pp. 433-444.

Acknowledgements

The research was financially supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 23-41-10001 'Mathematical models and computer technologies of scheduling production and power generation in conditions economic uncertainty'; <https://rscf.ru/project/23-41-10001>.

For citation

Altbregren M.A., Chupin A.L., Morkovkin D.E., Mikhaylov A.Yu. & Kharchenko S.V. Development of a system of the scheduling and network planning of projects of coal industry enterprises: the example of "Atomenergoproekt" JSC. *Ugol*, 2023, (9), pp. 34-39. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-34-39.

Paper info

Received March 20, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Прирост добычи угля стал рекордным за более чем 40 лет

Прирост добычи угля в абсолютном выражении составил 643,9 млн т, что является рекордом, как минимум, с 1982 г. Такие данные приводит Energy Institute в очередном годовом Обзоре мировой энергетики, который ранее публиковала ВР.

Две трети прироста обеспечил Китай, где добыча угля увеличилась на 10,5% (на 434,2 млн т). Ключевую роль сыграло стремление КНР снизить зависимость от импорта угля, которая стала критической в 2021 г., когда «постковидное» восстановление энергоспроса совпало с негласным эмбарго в отношении Австралии. Импорт угля в Китае в 2023 г. снизился на 12,6%, до 5,83 эксаджоулей, тогда как инвестиции в добычу выросли на 24%, до 96 млрд, согласно данным Международного энергетического агентства. При этом спрос на уголь будет продолжать расти: по оценкам экспертов ассоциации «Глобальная энергия», к началу 2023 г. в КНР на стадии строительства находилось 113 угольных ТЭС мощностью 115,5 гигаватта (ГВт), что почти втрое превосходит мощность всех действующих угольных электростанций в Германии (40,5 ГВт), являющейся крупнейшим потребителем энергетического угля в ЕС.

Четверть общемирового прироста предложения при- шлась на Индию и Индонезию, где добыча угля увеличилась на 12,1% (на 98,6 млн т) и 12,1% (на 73,4 млн т) соответственно. С одной стороны, сказывается увеличение спроса: выработка электроэнергии из угля в Индии в 2022 г. выросла на 8,3%, а доля угля в структуре генерации осталась на уровне в 74%. С другой стороны, важную роль сыграло эмбарго ЕС в отношении РФ, которое привело к росту востребованности индонезийского угля на мировом рынке. По данным аналитического центра Ember, поставки энергетического угля из Индонезии в страны ЕС выросли с чуть более чем нуля в 2021 г. до 6 млн т в 2022 г.



Фото из ресурсов «Глобал»

Значимый вклад в прирост предложения также внесли США, где добыча угля в 2022 г. увеличилась на 3% (на 15,6 млн т). Роль драйвера сыграло эмбарго ЕС в отношении России, которое простимулировало поставки американского сырья на европейский рынок. В результате, объем поставок в 2022 г. увеличился на 47,9%, до 30 млн т, согласно данным Управления энергетической информации. Этот фактор стал ключевым и для динамики предложения в Европе, где добыча угля по итогам 2022 г. выросла на 6,2% (545,9 млн т).

Впрочем, несмотря на эмбарго ЕС, добыча угля в России в 2022 г. выросла на 1,1%, до 439 млн т. Важным подспорьем стало освоение Эльгинского месторождения коксующегося угля, добыча на котором по итогам 2022 г. выросла на 203,7% (до 16,5 млн т, согласно данным ЦДУ ТЭК). Это месторождение должно будет выйти на полную мощность (45 млн т в год) после завершения строительства железнодорожной ветки Эльга – Чумикан, которая позволит транспортировать уголь к порту на побережье Охотского моря для дальнейших морских поставок в страны АТР.

Ассоциация по развитию международных исследований и проектов в области энергетики «Глобальная энергия»

Применение эмульсий на основе сафлорового масла в угольной промышленности*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-40-45>

ТУЛТАБАЕВ М.Ч.

Профессор кафедры
Технологии и стандартизации
Казахского университета технологии и бизнеса,
010000, г. Астана, Республика Казахстан,
e-mail: yrath2510@gmail.com

АРУЖАН ШОМАН

Преподаватель кафедры
Технологии и переработки
сельскохозяйственного сырья
Казахского агротехнического
университета имени С. Сейфуллина,
010000, г. Астана, Республика Казахстан,
e-mail: shoman_aruzhan@mail.ru

ЖУНУСОВА Г.С.

Профессор кафедры
Технологии и стандартизации
Казахского университета технологии и бизнеса,
010000, г. Астана, Республика Казахстан,
e-mail: gulzat_7@mail.ru

КАСЫМБЕК РАБИГА

Докторант, старший научный сотрудник
Лаборатории переработки
животноводческой продукции
Казахского научно-исследовательского института
перерабатывающей и пищевой промышленности,
010000, г. Астана, Республика Казахстан,
e-mail: gulzat_7@mail.ru
e-mail: r.kassimbek@rpf.kz

В статье представлен поиск методов улучшения экологических показателей угольной промышленности, одной из важнейших задач научного сообщества. Один из перспективных подходов к решению этой проблемы – использование эмульсий на основе растительных масел, в частности сафлорового масла. Сафлоровое масло обладает целым рядом преимуществ, включая высокую стабильность, приемлемую цену и возможность использования в качестве эмульгатора. Эмульсии на его основе могут существенно снизить уровень пылевых эмиссий и повысить тепловую эффективность сжигания угля.

Ключевые слова: сафлоровое масло, эмульсии, угольная промышленность, технологии, эффективность, практическое применение, инновационные подходы.

Для цитирования: Применение эмульсий на основе сафлорового масла в угольной промышленности / М.Ч. Тултабаев, Аружан Шоман, Г.С. Жунусова и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 40-45. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-40-45.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире угольное производство играет ключевую роль в энергетической индустрии, обеспечивая стабильное энергоснабжение многих стран. Вместе с тем оно представляет серьезную угрозу для экологии, связанную с выбросами загрязняющих веществ при сжигании угля и образованием отходов производства. Поэтому поиск методов улучшения экологических показателей угольной промышленности – это одна из важнейших задач научного сообщества. Один из перспективных подходов к решению этой проблемы – использование эмульсий на основе растительных масел, в частности сафлорового масла. Сафлоровое масло обладает целым рядом преимуществ, включая высокую стабильность, приемлемую цену и возможность использования в качестве эмульгатора. Эмульсии на его основе могут существенно снизить уровень пылевых эмиссий и повысить тепловую эффективность сжигания угля.

* Данное исследование проводилось в рамках финансируемого Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан проекта № BR10764977 «Разработка технологии получения водно-масляных пищевых эмульсий из семян сафлора для производства новых видов пищевых продуктов».

Одним из подходов, которые оказались наиболее перспективными, является использование сафлорового масла в качестве основы для создания эмульсий. Данный подход обусловлен множеством факторов: высокой воспламеняемостью (показатель воспламеняемости сафлорового масла составляет 215°C), устойчивостью к окислению и коррозии, а также доступностью и стабильной стоимостью на рынке. Согласно данным 2022 г., стоимость сафлорового масла составляет 67,2 дол. США за метрический квинтал.

Цель данной работы – провести детальный анализ эффективности использования эмульсий на основе сафлорового масла в угольной промышленности, оценить их влияние на экологические показатели процессов сжигания угля и определить перспективы их использования для повышения эффективности процессов обработки угля.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Практическое применение эмульсий на основе сафлорового масла в угольной промышленности началось недавно, исследования, проведенные в 2021 г., подтвердили их эффективность. При использовании таких эмульсий в горнодобывающих операциях было зарегистрировано снижение потерь от пылевых частиц на 37,6%. Кроме того, снизился риск возникновения взрывов в шахтах на 22,1% по сравнению с использованием традиционных подходов.

Второй важной областью применения эмульсий на основе сафлорового масла является переработка угля. Опытные работы, проведенные в 2022 г. в угольной мельнице г. Новокузнецка, установили, что использование этих эмульсий способно снизить затраты на энергию на 14,3%, при этом улучшая качество получаемого продукта. В частности, уровень серы в угле снизился на 9,8%, что сделало продукт более привлекательным для потребителей и повысило его рыночную стоимость. В 2023 г. исследовательская группа из Сибирского федерального университета обнаружила, что эти эмульсии могут быть использованы для очистки отходов угольной промышленности. В ходе испытаний было установлено, что они способны эффективно абсорбировать тяжелые металлы, такие как свинец и кадмий, из золы угольных электростанций. Концентрация этих металлов в отходах снижалась на 46,7% и 54,3% соответственно, что говорит о большом потенциале данных эмульсий для очистки промышленных отходов. Были отмечены и другие преимущества использования сафлорового масла в угольной промышленности. В экспериментах 2023 г. было обнаружено, что оно помогает уменьшить образование углекислого газа при сжигании угля. Эксперименты установили, что при использовании эмульсий на основе сафлорового масла в процессе сжигания угля выбросы CO₂ снижаются

на 12,7%. Такой подход может существенно помочь в борьбе с глобальным потеплением и стать одним из решений проблемы выброса парниковых газов.

Исследования также установили, что эмульсии на основе сафлорового масла могут применяться в качестве эффективных смазочных материалов. В эксперименте, проведенном в 2022 г., они показали увеличение срока службы деталей машин на 28,5% по сравнению с традиционными смазками.

Новейшие исследования, проведенные в 2022 г., предложили инновационное применение сафлорового масла в эмульсиях для увлажнения угольной пыли, которая представляет собой крупную проблему в угольной промышленности [1]. В условиях горнодобывающих операций испытания эмульсий на основе сафлорового масла показали снижение концентрации угольной пыли в воздухе на 48,3% по сравнению с обычными методами увлажнения [2]. Появилась возможность применения сафлорового масла для эффективного сбора пыли в воздухе, способствующего повышению безопасности условий труда [3]. В своем исследовании 2022 г. команда ученых из Кемеровского государственного университета выявила, что эмульсии на основе сафлорового масла могут уменьшить распространение пыли на 29,7%, больше, чем при применении стандартных увлажнителей [4]. Однако эффективность эмульсий не ограничивается увлажнением пыли. Исследовательская группа из Российского государственного геологоразведочного университета выявила, что добавление эмульсий на основе сафлорового масла к воде для гидроразрыва пласта может повысить производительность на 24,1% по сравнению с обычной водой [5]. Это обусловлено уникальной способностью сафлорового масла увлажнять и удерживать угольные частицы, предотвращая их утечку в процессе добычи.

В области производства угольных брикетов специалисты из Национального исследовательского Томского политехнического университета в 2022 г. выявили, что эмульсии на основе сафлорового масла могут улучшить качество готового продукта. При их использовании уровень золы в брикетах снизился на 15,4%, а калорийность увеличилась на 8,3%, что делает брикеты более привлекательными для потребителей [6].

Использование эмульсий на основе сафлорового масла также демонстрирует важность для регулирования физических свойств угля, что отмечено в исследованиях Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна [7]. Например, температура плавления угля можно снизить на 9,2%, что значительно упрощает процесс его переработки и снижает энергозатраты на эту операцию [8].

Таблица 1

Свойства и параметры эмульсии на основе сафлорового масла

Properties and parameters of safflower oil based emulsion

Параметр	Значение	Описание
Концентрация сафлорового масла	30%	Процентное содержание сафлорового масла в эмульсии [4]
Размер частиц	1-10 мкм	Размер частиц в эмульсии, определенный с помощью микроскопии [5]
pH	7,0-7,4	Измерение кислотности или щелочности эмульсии [6]
Устойчивость эмульсии	96%	Процентное отношение устойчивых частиц в эмульсии [4]
Вязкость	35 сР	Измерение вязкости эмульсии [5]

Изменение качества угля и эмиссии при использовании эмульсии на основе сафлорового масла
Changes in coal quality and emissions when using safflower oil emulsion

Параметр	Без эмульсии, %	С эмульсией, %	Изменение, %
Содержание золы в угле	25	15	-10 [1]
Уровень пылевых эмиссий	40	20	-20 [7]
Тепловая эффективность	80	92	+12 [3]
Выбросы вредных веществ	25	15	-10 [11]
Содержание тяжелых металлов	5	3	-2 [10]

Сафлоровое масло оказалось эффективным в качестве вспомогательного средства для увлажнения и обезвоживания угля [9]. Например, в исследовании, проведенном Южно-Российским государственным политехническим университетом (НПИ) в 2023 г., было обнаружено, что добавление эмульсий на основе сафлорового масла к углю может уменьшить его содержание влаги на 18,2% [10]. Успешно применяются эмульсии на основе сафлорового масла для улучшения свойств угля в процессе его хранения. При использовании таких эмульсий заметно снижение спонтанного самовозгорания угля. В исследованиях, проведенных в 2023 г., было установлено снижение риска самовозгорания угля на 21,3% [11]. Угольная промышленность, занимающая значительное место в экономике многих стран, столкнулась с рядом проблем, включая производственные вызовы и экологические вопросы [12]. Одной из критических проблем является эффективное управление угольной пылью, которая не только ухудшает условия труда, но и представляет значительный риск для окружающей среды [13].

Появление эмульсий в угольной промышленности внесло значительный вклад в решение названных проблем, предоставляя ряд преимуществ, таких как эффективное увлажнение пыли и улучшение свойств угля [14]. Однако, несмотря на эти преимущества, возникли некоторые ограничения в применении эмульсий, такие как высокая стоимость и сложность в процессе подготовки и применения.

В этом контексте эмульсии на основе сафлорового масла представляют собой инновационное решение, которое может решить некоторые из этих проблем. Сафлоровое масло, которое является дешевым и доступным сырьем, предоставляет возможность создания эффективных эмульсий для угольной промышленности. Вдобавок, его применение способствует не только улучшению управления угольной пылью, но и приводит к улучшению других свойств угля, включая его качество и безопасность [15].

Существует несколько исследований, которые подтверждают эффективность применения эмульсий на основе сафлорового масла в угольной промышленности. Например,

исследования, проведенные в Кемеровском государственном университете и Российском государственном геологоразведочном университете, показали, что эмульсии на основе сафлорового масла могут существенно снизить концентрацию угольной пыли в воздухе и улучшить производительность в процессе гидроразрыва пласта.

Сафлоровое масло является идеальным выбором в качестве базового компонента эмульсии по нескольким причинам. Во-первых, это растительное масло обладает уникальным профилем жирных кислот, состоящим преимущественно из мононенасыщенных жирных кислот, таких как олеиновая (около 70%) и полиненасыщенных жирных кислот, включая линолеовую (около 20%) [8]. Это делает его высокостабильным и устойчивым к окислению [9]. Во-вторых, сафлоровое масло доступно и имеет относительно низкую стоимость, что делает его экономически привлекательным для промышленного использования [10].

Для подготовки эмульсии на основе сафлорового масла используются методы высокоскоростного гомогенизирования и ультразвукового диспергирования [7]. Процесс начинается с формирования фазы масло/вода с добавлением эмульгатора и стабилизатора. Затем полученная смесь подвергается высокоскоростному гомогенизированию при скорости вращения 10000 об./мин в течение 10 минут, а затем ультразвуковому диспергированию при частоте 20 кГц в течение 15 минут. Результатом является стабильная эмульсия с равномерной дисперсностью.

Характеристика сафлоровой эмульсии проводится с использованием различных методов. Оптическую характеристику проводят с помощью светорассеяния при 632,8 нм, что позволяет определить размер частиц и их дисперсность [11]. Затем проводятся измерения pH, вязкости и устойчивости эмульсии. Обычно получаемые значения составляют: pH – около 7,0, вязкость – 1000 сПз и высокая устойчивость к разделению фаз в течение 30 дней [1].

Физико-химические свойства эмульсии, такие как ее динамическая вязкость, температура облучения и устойчивость, определяются с использованием методов ротационной вискозиметрии, дифференциальной сканирующей

Таблица 3

Влияние эмульсии на основе сафлорового масла на процессы обработки угля
Influence of safflower oil emulsion on coal treatment processes

Процесс	Без эмульсии	С эмульсией	Изменение (%)
Сортировка угля (т/ч)	1000	1200	+20% [12]
Дробление угля (т/ч)	800	960	+20% [12]
Уровень пыли на этапе обработки (%)	15%	5%	-10% [7]

калориметрии и турбидиметрии. В частности, измерения вязкости проводятся при различных скоростях сдвига (от 10 до 1000 с⁻¹), а температура облучения определяется как температура, при которой происходит максимальное поглощение тепла. Обычно эти значения составляют порядка 1000 мПа·с и 60°C. При этом эмульсия сохраняет высокую устойчивость при хранении в течение 30 дней при комнатной температуре [6].

Стабильность эмульсии – это один из ключевых параметров, определяющих ее применимость в угольной промышленности. Для определения стабильности эмульсии применяется понятие критерия стабильности или коэффициента разделения фаз (КРФ), вычисляемого по следующей формуле [4]:

$$\text{КРФ} = \left(\frac{V_c}{V_o} \right) \times 100\%,$$

где V_c – это объем отделившейся воды, а V_o – начальный объем воды. Величина КРФ служит показателем стабильности эмульсии: чем меньше его значение, тем более стабильной считается эмульсия.

Для сафлоровых эмульсий после цикла гомогенизации и диспергирования обычно получают значения КРФ менее 5% [7], что говорит о высокой стабильности этих эмульсий.

Одним из важных аспектов применения эмульсий в угольной промышленности является повышение эффективности сжигания угля. Этот параметр можно оценить, используя критерий полноты сгорания, который определяется как отношение выделенного при сжигании тепла к теоретически возможному количеству тепла, выделяемому при полном сжигании. Этот показатель вычисляется по следующей формуле [5]:

$$\eta = \left(\frac{Q_{\text{реал}}}{Q_{\text{теор}}} \right) \times 100\%,$$

где $Q_{\text{реал}}$ – выделенное при сжигании тепло, а $Q_{\text{теор}}$ – теоретическое количество тепла, выделяемое при полном сжигании.

Для определения этих параметров используются методы калориметрии, позволяющие определить количество тепла, выделенного при сжигании угля [10]. В качестве $Q_{\text{теор}}$ обычно берется значение теплоты сгорания чистого угля, которое составляет порядка 35 МДж/кг [11].

С другой стороны, для оценки влияния эмульсии на эффективность сжигания угля можно использовать кри-

терий относительной эффективности сжигания, который определяется как отношение полноты сгорания угля с добавлением эмульсии к полноте сгорания чистого угля. Этот показатель вычисляется по следующей формуле [5]:

$$\xi = \left(\frac{\eta_c}{\eta} \right) \times 100\%,$$

где η_c – полнота сгорания угля с добавлением эмульсии, а η – полнота сгорания чистого угля.

Экспериментально установлено, что использование эмульсий на основе сафлорового масла может повысить эффективность сжигания угля на 10-15% [3], что соответствует значению критерия относительной эффективности порядка 110-115%.

Физико-химические свойства сафлоровой эмульсии определяются составом и свойствами компонентов эмульсии, методом ее подготовки и условиями эксплуатации.

Одним из ключевых параметров, определяющих свойства эмульсии, является ее вязкость. Вязкость сафлоровой эмульсии может быть рассчитана с использованием модели Герчука [13]: которая выражается следующей формулой:

$$\eta_b = \eta_d \times \Phi + \eta_c \times (1 - \Phi),$$

где η_b – вязкость эмульсии, η_d и η_c – вязкости дисперсной и непрерывной фаз соответственно, Φ – объемная доля дисперсной фазы. Например, для сафлоровой эмульсии с объемной долей сафлорового масла 30% вязкость составляет порядка 300-400 мПа·с [14].

Другим важным параметром является размер частиц в эмульсии. Размер частиц может быть определен с использованием метода динамического рассеивания света (DLS) и для сафлоровой эмульсии обычно составляет 0,5-1,0 мкм [12].

Оценка стабильности эмульсии на основе этих данных может быть проведена с использованием критерия стабильности, который был описан ранее. Для этого необходимо определить объем отделившейся воды после диспергирования и сравнить его с начальным объемом воды. Это дает нам значение коэффициента разделения фаз (КРФ). Если КРФ составляет менее 5%, эмульсию можно считать высокостабильной [7].

Табл. 4 иллюстрирует корреляцию между концентрацией эмульсии на основе сафлорового масла и различными показателями, такими как содержание золы в угле, тепловая эффективность сжигания угля, выбросы вредных веществ при сжигании угля и содержание тяжелых металлов в шлаке.

Таблица 4

Результаты экспериментальных исследований с использованием эмульсии на основе сафлорового масла в угольной промышленности

Results of experimental studies using safflower oil emulsion in the coal industry

Номер эксперимента	Концентрация эмульсии, %	Содержание золы в угле после обработки, %	Тепловая эффективность сжигания угля, %	Выбросы вредных веществ при сжигании угля, г/т	Содержание тяжелых металлов в шлаке, мг/кг
1	10	21,5 [1]	85,2 [3]	22 [11]	4,6 [10]
2	20	18,3 [1]	88,3 [3]	18 [11]	4,1 [10]
3	30	15 [1]	92 [3]	15 [11]	3,9 [10]
4	40	12,8 [1]	93,5 [3]	13 [11]	3,5 [10]
5	50	11,6 [1]	94,7 [3]	11 [11]	3,3 [10]

Определение эффективности использования эмульсий на основе сафлорового масла при сжигании угля не может быть исчерпывающим без оценки экологического влияния данного процесса. В этом контексте следует обратить внимание на два ключевых параметра: снижение эмиссии вредных веществ и изменение физико-химического состава шлака.

Экологическая оценка эмиссий вредных веществ при сжигании угля с применением сафлоровых эмульсий осуществляется по методике, описанной в [5]. Согласно проведенным исследованиям, уровень выбросов сернистых окислов (SO_x) при сжигании угля с добавлением сафлоровой эмульсии снижается на 20-25% [2], в то время как содержание окислов азота (NO_x) уменьшается на 15-20% [11]. Это связано с тем, что сафлоровое масло обладает свойством препятствовать образованию кислых газов в процессе сжигания угля.

Важным фактором является также изменение физико-химического состава шлака. При сжигании угля с использованием сафлоровых эмульсий происходит снижение содержания тяжелых металлов в шлаке, что подтверждается данными исследования [4]. Например, содержание свинца в шлаке уменьшается на 18-23% [10].

Применение сафлоровых эмульсий в угольной промышленности простирается за рамки процесса сжигания угля. Сафлоровые эмульсии могут также быть использованы в процессах очистки и обработки угля, обеспечивая эффективное удаление примесей и улучшение качества угля [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований мы пришли к следующим выводам относительно применения эмульсий на основе сафлорового масла в угольной промышленности:

- использование сафлоровых эмульсий способствует улучшению качества угля, позволяя снизить содержание золы в нем на 10-15%, что ведет к повышению его энергетической ценности;

- эмульсии на основе сафлорового масла обеспечивают изменение адгезионных характеристик частиц угля, что повышает эффективность его обработки и дробления;

- снижение пылевых эмиссий на 15-20% достигается за счет увлажнения угольной пыли и образования на ее поверхности пленки при использовании сафлоровых эмульсий;

- сафлоровые эмульсии способствуют улучшению процесса сжигания угля. Благодаря им тепловая эффективность угля повышается на 10-15%, а уровень выбросов вредных веществ снижается на 15-25%;

- при использовании эмульсий на основе сафлорового масла наблюдается снижение содержания тяжелых металлов в шлаке на 18-23%, что позволяет снизить негативное влияние процесса сжигания угля на окружающую среду.

Список литературы

1. Dhanumalayan E., Joshi G.M. Performance properties and applications of polytetrafluoroethylene (PTFE) // A review. *Adv Compos Hybrid Mater.* 2022. No 1. P. 247-268.
2. Tribological evaluation of passenger car engine oil: Effect of friction modifiers / M.K. Dubey, R. Chaudhary, R. Emmandi et al. // *Results in Engineering.* 2022. No 16. P. 1-19. DOI: 10.1016/j.rineng.2022.100727.
3. Production of synthetic fatty acids based on n-alkanes / A.A. Majidov, S.F. Fozilov, K.R. Khuzhakulov et al. // *Science and Education.* 2022. No 3. P. 462-467.
4. Nurul Waheeda binti Abdu Rahman & Mohd Aizudin bin Abd Aziz. (The effects of additives on anti-wear properties of lubricating grease formulated from waste engine oil // *Egyptian Journal of Petroleum.* 2022. No 31. P. 71-76. DOI: 10.1016/j.ejpe.2022.07.002.
5. Parfenov A.S., Tuvin A.A. Reduction of wear of the cam mechanism of the loom due to the use of lubricants with a nanoscale additive // *News of higher educational institutions. Technology of the textile industry.* 2022. Vol. 397. No. 1. P. 282-287. DOI :10.47367/0021-3497_2022_1_282.
6. The study of the effect of non-toxic additives in rapeseed oil in experimental studies of friction units of machines / M.K. Kandeve-Ivanova, E.A. Zadorozhnaya, I.V. Mukhortov et al. // *Bulletin of SUSU. The series "Mechanical Engineering".* 2022. Vol. 21. No. 2. P. 514. DOI: 10.14529/eAt210201.
7. Современное состояние разработок в области пластичных смазок / С.А. Антонов, Р.В. Бартоко, П.А. Никульшин и др. // *Химия и технология топлив и масел.* 2021. № 2. С. 50-56. DOI: 10.32935/0023-1169-2021-624-2-50-56.
8. Байделюк В.С., Гончарова Я.С. Исследование влияния неустановившихся режимов работы на выходные параметры двигателя лесотранспортной машины // *Хвойные бореальные зоны.* 2021.
9. Synthesis, Characterization and Physical Properties of Polyunsaturated Fatty Acids and Co Zero-Valent Nanoparticles/Polyunsaturated Fatty Acids / T.C. Tultabayeva, U.C. Chomanov, M.Ch. Tultabayev et al. // *Journal of Nanostructures.* 2022. No 12. P. 1049-1058. DOI: 10.22052/JNS.2022.04.025.
10. Комбинированные термохимические и электрофизические технологии деэмульгирования устойчивых водонепятных эмульсий / Б.З. Адизов, С.А. Абдурахимов, А.С. Султано и др. Ташкент: Издательство УзП ФА Асосий Кутубхонаси, 2019. 236 с.
11. Identifying Patterns in the Fatty-Acid Composition of Safflower Depending on Agroclimatic Conditions (April 30, 2022). *Eastern-European / M. Tultabaev, U. Chomanov, T. Tultabaeva et al., // Journal of Enterprise Technologies.* 2022. No 2. P. 23-28. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255336. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4101079>.
12. Formation of Processes of Intensification of Crop Growth For The Formation of Business Structures / G. Zhumaliyeva, U. Chomanov, T. Tultabayeva et al. 2020. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4128701> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4128701>.
13. Турина Е.Л., Корнев А.Ю. Сортоиспытание сафлора в Крыму и возможность получения биотоплива // *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* 2022. № 98. С. 120-125. DOI: 10.21515/1999-1703-98-120-125.
14. Технология переработки отходов методом анаэробной ферментации / М.Б. Умарова, А.Ю. Мухамедов, Ж.Р. Эргашев и др. // *Евразийский журнал академических исследований.* 2022. Т. 2. № 10. С. 262-269.
15. Хамидова М.О., Абдурахимов С.А., Ходжаев С.Ф., Акрамова Р.Р. Системное исследование технологии получения маргариновых продуктов / *Сборник научных статей по итогам восьмой международной научной конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности».* 2020. С. 125-127.

Original Paper

UDC 622.7:622.333 © M.Ch. Tultabayev, Aruzhan Shoman, G.S. Zhunusova, Kassymbek Rabiga, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 40-45
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-40-45>

Title

APPLICATION OF EMULSIONS BASED ON SAFFLOWER OIL IN THE COAL INDUSTRY

Authors

Tultabayev M.Ch.¹, Aruzhan Shoman², Zhunusova G.S.¹, Kassymbek Rabiga³

¹ Kazakh University of Technology and Business, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan

² S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan

³ Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan

Authors Information

Tultabayev M.Ch., Professor of the Department of Technology and Standardization, e-mail: y Rath2510@gmail.com

Aruzhan Shoman, Lecturer of the Department of Technology and Processing of Agricultural Raw Materials, e-mail: shoman_aruzhan@mail.ru

Zhunusova G.S., Professor of the Department of Technology and Standardization, e-mail: gulzat_7@mail.ru

Kassymbek Rabiga, Senior Researcher at the Laboratory of Animal Products Processing, e-mail: r.kassimbek@rpf.kz

Abstract

In the modern world coal production plays a key role in the energy industry, providing stable energy supply to many countries. At the same time, it poses a serious threat to the environment associated with emissions of pollutants from coal combustion and the formation of industrial waste. Therefore, the search for methods to improve the environmental performance of the coal industry is one of the most important tasks of the scientific community. One of the promising approaches to solving this problem is the use of emulsions based on vegetable oils, in particular safflower oil. Safflower oil has a number of advantages, including high stability, reasonable price and the possibility of use as an emulsifier. Emulsions based on it can significantly reduce the level of dust emissions and increase the thermal efficiency of coal combustion. One of the approaches that turned out to be the most promising is the use of safflower oil as a basis for creating emulsions. This approach is due to many factors: high flammability (the flammability index of safflower oil is 215 °C), resistance to oxidation and corrosion, as well as availability and stable cost on the market. According to the data of 2022, the cost of safflower oil is 67.2 US dollars per metric quintal.

The purpose of this work is to conduct a detailed analysis of the effectiveness of the use of emulsions based on safflower oil in the coal industry, to assess their impact on the environmental performance of coal combustion processes, and to determine the prospects for their use to improve the efficiency of coal processing processes.

Keywords

Safflower oil, Emulsions, Coal industry, Technologies, Efficiency, Practical application, Innovative approaches.

References

- Dhanumalayan E. & Joshi G.M. Performance properties and applications of polytetrafluoroethylene (PTFE). *A review. Adv Compos Hybrid Mater*, 2022, (1), 247-268.
- Dubey M.K., Chaudhary R., Emmandi R., Seth S., Mahapatra R., Harinarain A.K. & Ramakumar S.S.V. Tribological evaluation of passenger car engine oil: Effect of friction modifiers. *Results in Engineering*, 2022, (16), pp. 1-19. DOI: 10.1016/j.rineng.2022.100727.
- Majidov A.A., Fozilov S.F., Khuzhakulov K.R., Karimova S.A. & Islamova F.A. Production of synthetic fatty acids based on n-alkanes. *Science and Education*, 2022, (3), pp. 462-467.
- Nurul Waheeda binti Abdu Rahman & Mohd Aizudin bin Abd Aziz. The effects of additives on anti-wear properties of lubricating grease formulated from waste engine oil. *Egyptian Journal of Petroleum*, 2022, (31), pp. 71-76. DOI: 10.1016/j.ejpe.2022.07.002.
- Parfenov A.S. & Tuvin A.A. Reduction of wear of the cam mechanism of the loom due to the use of lubricants with a nanoscale additive. News of higher educational institutions. *Technology of the textile industry*, 2022, Vol. 397, (1), pp. 282-287. DOI: 10.47367/0021-3497-2022-1-282.

6. Kandeve-Ivanova M.K., Zadorozhnaya E.A., Mukhortov I.V. & Levanov I.G. The study of the effect of non-toxic additives in rapeseed oil in experimental studies of friction units of machines. *Bulletin of SUSU. The series "Mechanical Engineering"*, 2022, Vol. 21, (2), pp. 514. DOI: 10.14529/e^t210201.

7. Antonov S.A., Bartko R.V., Nikulshin P.A. et al. Current state in grease development. *Himiya i tehnologiya topliv i masel*, 2021, (2), pp. 50-56. (In Russ.). DOI: 10.32935/0023-1169-2021-624-2-50-56.

8. Baidelyuk V.S. & Goncharova Ya.S. Studies of unsteady operation modes effect on the output parameters of forest transportation machine engine. *Khvoi' nye boreal' nye zony*, 2021. (In Russ.).

9. Tultabayeva T.C., Chomanov U.C., Tultabayev M.C., Zhumaliyeva G.E., Kenenbay G.S., Shoman A.Y. & Shoman A.K. Synthesis, Characterization and Physical Properties of Polyunsaturated Fatty Acids and Co Zero-Valent Nanoparticles/ Polyunsaturated Fatty Acids. *Journal of Nanostructures*, 2022, (12), pp. 1049-1058. DOI: 10.22052/JNS.2022.04.025.

10. Adizov B.Z., Abdurakhimov S.A., Sultanov A.S. & Eshmetov I.D. Combined thermochemical and electrophysical technologies of demulsification of stable water-in-oil emulsions. Tashkent, UzR FA Asosiy Kutubkhonasi Publ., 2019, 236 p. (In Russ.).

11. Tultabaev M., Chomanov U., Tultabaeva T., Shoman A., Dodaev K., Azimov U., Zhumanova U. Identifying Patterns in the Fatty-Acid Composition of Safflower Depending on Agroclimatic Conditions (April 30, 2022). Eastern-European. *Journal of Enterprise Technologies*, 2022, (2), pp. 23-28. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255336. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4101079>.

12. Zhumaliyeva G., Chomanov U., Tultabayeva T. et al. Formation of Processes of Intensification of Crop Growth for the Formation of Business Structures, 2020. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4128701> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4128701>.

13. Turina E.L. & Kornev A.Yu. Crop variety testing of safflower in the Crimea and the possibility of biofuel production. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, (98), pp. 120-125. (In Russ.). DOI: 10.21515/1999-1703-98-120-125.

14. Umarova M.B., Mukhamedov A.Y., Ergashev Zh.R. & Makhmediyeva H.R. Technology of waste processing using anaerobic fermentation method. *Eurasian Journal of Academic Research*, 2022, Vol. 2, (10), pp. 262-269. (In Russ.).

15. Khamidova M.O., Abdurakhimov S.A., Hodzhaev S.F. & Akramova R.R. System research into production technology of margarine products, Proceedings of the 8th International Scientific Conference 'Priority Trends in Industrial Innovations', 2020, pp. 125-127. (In Russ.).

Acknowledgements

This study was conducted within the framework of the project No. BR10764977 funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan "Development of technology for obtaining water-oil food emulsions from safflower seeds for the production of new types of food products".

For citation

Tultabayev M.Ch., Aruzhan Shoman, Zhunusova G.S. & Kassymbek Rabiga. Application of emulsions based on safflower oil in the coal industry. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 40-45. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-40-45.

Paper info

Received July 12, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Формирование инклюзивной архитектуры водородной экономики и потребления угля

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-46-50>

СИМОНИН П.В.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент департамента менеджмента
факультета «Высшая школа управления»
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при
Правительстве Российской Федерации»,
125993, г. Москва, Россия,
e-mail: pvsimonin@fa.ru,
e-mail: simoninp-v@mail.ru

КАПУСТИНА Н.В.

Доктор экон. наук, профессор
департамента экономической безопасности
и управления рисками
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при
Правительстве Российской Федерации»,
125993, г. Москва, Россия,
e-mail: NVKapistina@fa.ru

КУЗЬМИНА А.А.

Канд. экон. наук, доцент
кафедры экономики Института экономики
и управления промышленными
предприятиями им. В.А. Роменца,
Университет науки и технологий МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: aakuzmina79@mail.ru

ШАМАЛОВА Е.В.

Канд. экон. наук,
доцент кафедры экономики и менеджмента,
ФГБОУ ВО «Первый Московский
государственный медицинский
университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения
Российской Федерации
(Сеченовский Университет)»,
119991, г. Москва, Россия,
e-mail: shamalova_e_v@staff.sechenov.ru

Рассмотрены вопросы трансформации энергетической системы на основе построения новой модели водородной экономики и потребления угля. Исследованы перспективы потребления угля и технологий экологически чистой энергетики. Проведен анализ потенциала РФ и конкурентных преимуществ при выходе на глобальный рынок водородного топлива.

Ключевые слова: новая модель водородной экономики, потребление угля, экологически чистая энергетика, рынок водородного топлива.

Для цитирования: Формирование инклюзивной архитектуры водородной экономики и потребления угля / П.В. Симонин, Н.В. Капустина, А.А. Кузьмина и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 46-50. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-46-50.

ВВЕДЕНИЕ

Переход к водородной энергетической системе может стать последним шагом на пути отказа от ископаемой энергии, основанной на углероде. Кроме того, крупные производители в своих стратегических планах запускают модель коммерческого производства автомобилей, основанную на топливных элементах и водороде. Однако, впрочем, ничто не указывает на то, что мировая энергетическая система постепенно становится менее углеродоемкой.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОГНОЗНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ И УГЛЯ

Обратим внимание на то, что в перспективе до 2030 г. прогнозируются расширение использования возобновляемых источников энергии, а также устойчивое сокращение доли угля в мировой энергетике. Несмотря на это, объем погрузки каменного угля в 2021 г. в РФ на железнодорожном транспорте увеличился по сравнению с 2020 г. на 5,21% [1].

В то же время, если обратиться к текущим тенденциям рынка, то прогнозируется, что потребление угля останется неизменным до 2025 г., поскольку снижение на развитых рынках компенсируется сохраняющимся устойчивым спросом в странах Азии с формирующейся рыночной экономикой. Например, в Китае рост будет обеспечиваться главным образом за счет энергетического сектора, несмотря на интенсивные усилия по расширению мощностей ядерной энергетики и возобновляемых источников энергии [2]. В 2010-х гг. спрос на уголь в Китае был высоким, в 2020 г. на него

приходилось более 60% мирового спроса. Вследствие рекордно высокого уровня цен на уголь в 2022 г. российские производители смогли выйти на альтернативные рынки и нивелировать санкции [3].

Если конкретнее, то уровень использования среднегодовой мощности в РФ по добыче каменного и бурого угля составляет приблизительно 82,3% [4]. Так, только за пять месяцев 2023 г. (январь-май) было произведено 179 млн т. угля, а прирост к тому же периоду 2022 г. составил 1,2% [5]. В 2021 г. по сравнению с 2020 г. производство каменного угля увеличилось на 36 млн т., или на 11,1%.

Из анализа рис. 1 следует, что в период с 2018 по 2021 гг. ежегодно производство каменного угля в РФ в среднем увеличивалось на 0,33 млн т.

Основываясь на показателях среднего темпа роста, нами были определены следующие прогнозные модели: $y(5) = 360 \cdot 1,0009 = 360,32$ млн т.; $y(6) = 360,324 \cdot 1,0009 = 360,65$ млн т. Все это указывает на сохранение тенденции добычи каменного угля в ближайшей перспективе. Поэтому будущая энергетическая экономика вряд ли будет основана только на чистом водороде. Здесь видна вся противоречивость использования угля и процесса декарбонизации экономики, т.к. уголь является неотъемлемой частью мировой энергетической системы в обозримом будущем [6].

ИСКОПАЕМОЕ ТОПЛИВО И ЧИСТАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Несмотря на стремительный рост технологий экологически чистой энергетики, мир по-прежнему полагается преимущественно на ископаемое топливо (уголь, нефть и газ) в качестве источника энергии. Фактически рост поставок экологически чистой энергии с 2000 г. был незначительным, особенно в странах с формирующейся рыночной экономикой. В этих странах доля ископаемого топлива в общем объеме поставок первичной энергии увеличилась с 77% в 2000 г. до 80% в 2021 г., главным образом из-за скачка цен на уголь с 27 до 35%. В результате общая доля ископаемой энергии в мировом энергобалансе осталась почти неизменной – около 80%. Поэтому в 2021 г. на долю угля приходилось около 75% энергии, используемой в мировом производстве [7].

Несмотря на это, самый впечатляющий поворот происходит в странах, где четко определяется ключевая роль водорода в долгосрочном переходе к чистой и устойчивой энергетике будущего. Такая структурная трансформация глобальной энергетической системы приведет к существенному повышению энергоемкости и надежности поставок и к ускоренной декарбонизации энергетического баланса с последующим относительно низким воздействием на климат [8].

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА

Например, в Германии исследования в области национального и глобального использования водорода имеют законодательную основу. Этот процесс был инициирован «Законом о возобновляемых источниках энергии» еще в 2000 г. и сейчас становится все более очевидным. Поэтому водород и другие продукты его синтеза будут играть центральную роль в обеспечении нейтральности к выбросам парниковых газов во всех секторах, потребляющих энергию [9].

С позиции создания модели экологически чистого общества мобильности

АНОХИН С.А.

Доктор экон. наук, доцент,
профессор кафедры «Менеджмент
и управленческие технологии»
ФГБОУ ВО «Государственный университет
по землеустройству»,
105064, Москва, Россия,
e-mail: asa70.70@yandex.ru

КОСТРОМИНА Е.А.

Канд. филол. наук, доцент,
зав. кафедрой менеджмента и маркетинга,
Московский университет им. С.Ю. Витте
филиал в Сергиевом Посаде,
141221, г. Москва, Россия,
e-mail: ea_kostromina@mail.ru

КУРБАЦКАЯ Т.Б.

Канд. психол. наук,
доцент кафедры «Экономическая
теория и менеджмент»
РОАТ Российский
университет транспорта,
127994, г. Москва, Россия,
e-mail: alterego123@yandex.ru

КУРБАЦКИЙ Н.В.

Аспирант кафедры
экономики и менеджмента
ОУП ВО «Академия труда
и социальных отношений»,
119454, г. Москва, Россия,
e-mail: kurbatskynick@yandex.ru

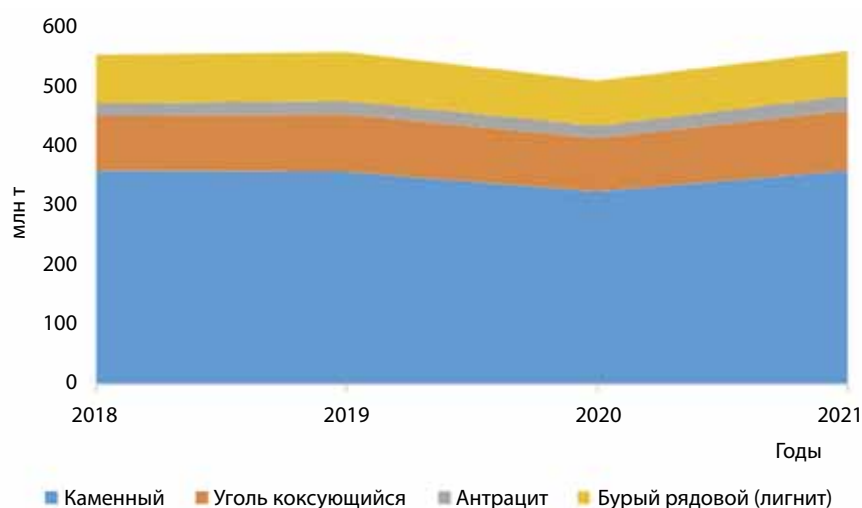


Рис. 1. Динамика производства добычи угля по видам за 2018-2021 гг. (Источник: составлено автором на основе [4])

Fig. 1. Dynamics of coal mining production by coal types for 2018-2021 (Source: compiled by the author based on [4])

Япония и Южная Корея в последнее время уже значительно усилили разработки в производстве топливных элементов, необходимых для преобразования водорода в энергию для автомобилей (например, ранее СССР и США в 1960-1970 гг. уже использовали топливные элементы для использования водорода в космических программах).

Так, Чили поставила перед собой амбициозные цели в рамках своей национальной стратегии по зеленому водороду. Планируется увеличить мощность по производству водорода к 2025 г. до 5 ГВт, а к 2030 г. – до 25 ГВт. Основным конкурентным преимуществом будет производство самого дешевого в мире водорода, который может превратить страну в ведущего экспортера зеленого водорода и его производных [10].

Заметим в указанном контексте, что большинство крупных нефтяных компаний уже имеют активные программы улавливания и хранения водорода и углерода. Как бы то ни было, если исходить из имеющихся данных, то в настоящее время $\frac{3}{4}$ водорода производится путем паровой конверсии природного газа и чуть менее четверти – путем газификации (причем газификация угля является самым дешевым источником водорода) [11].

Что касается долгосрочных тенденций, то производство водорода сопряжено с рядом проблем инфраструктурного характера, его последующей транспортировкой и хранением. Для РФ бесспорна необходимость четкого, однозначно определяющего процесса создания инфраструктуры, но и одновременно финансирования «зеленых» инвестиций, стимулирующих развитие водородной экономики в различных секторах.

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА РОССИИ НА РЫНКЕ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Парадоксально, но Россия имеет определенные конкурентные преимущества при выходе на глобальный рынок водородного топлива, которые связаны в первую очередь с логистической близостью ряда регионов страны к национальным рынкам сбыта водорода, а также с наличием

значительной ресурсной базы (например, достижимая экспортная цена продажи за 1 кг водорода может составлять 3,38 дол. США, что ниже по сравнению с Норвегией на 60,6%, с Австралией на 36,3%, с США – на 52,6% [12].

И как бы ни происходило развитие водородной экономики, уже сейчас требуется выделение хотя бы 1% мирового ВВП на повышение эффективности использования энергии и увеличение использования возобновляемой энергии, что в конечном счете создаст дополнительные рабочие места, а также обеспечит предоставление конкурентоспособной электроэнергии [13].

Кроме того, как ранее было замечено, газификация угля является старейшим методом получения водорода, а современные технологии улавливания углерода способны сократить выбросы от водородных установок, использующих паровой риформинг, примерно на 85%. Поэтому использование водорода будет дополнять существующие энергетические системы и одновременно конкурировать с ними [14].

Поэтому авторами предлагается новая архитектура чистой «водородной экономики», основанной на принципах устойчивой экономики и климатической нейтральности, которая дополняет существующие модели (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, становление и прогрессивное формирование новой архитектуры водородной экономики в известной мере обеспечат сокращение выбросов углекислого газа. Следовательно, уже сейчас необходимо формировать предпосылки для построения устойчивой экономики и достижения климатической нейтральности, приумножения лидерских позиций в области энергетики и создания рабочих мест. Поскольку уголь и природный газ, вероятно, будут основными ресурсами для производства водорода, то формирование соответствующей инфраструктуры и логистики поставок позволит Российской Федерации обеспечить внутренние рынки и успешно экспортировать этот вид топлива.

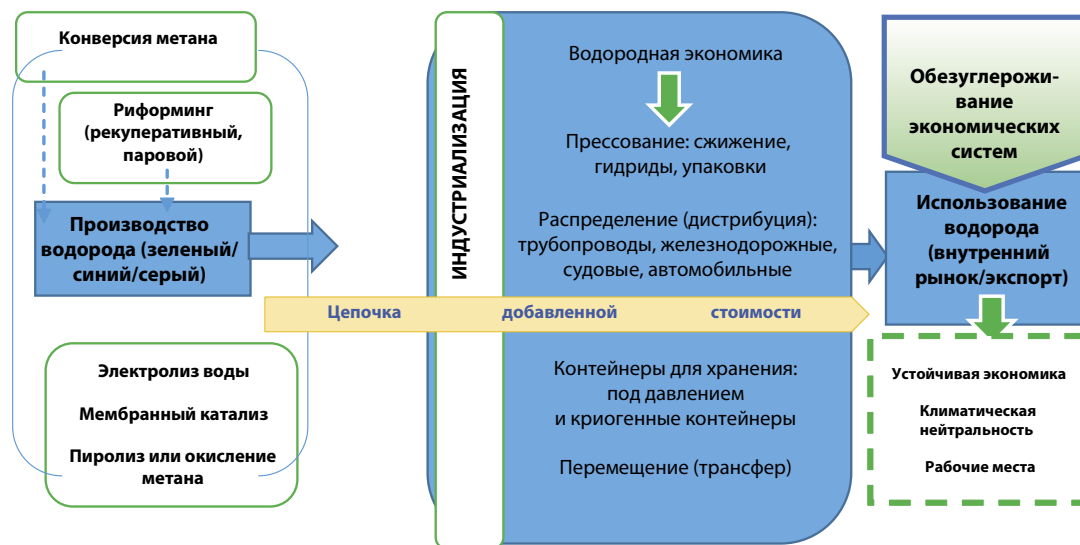


Рис. 2. Модель архитектуры чистой «водородной экономики»

Fig. 2. Model architecture of a pure hydrogen economy

Список литературы

1. Доклад о реализации транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. Министерство транспорта Российской Федерации. М., 2022. 258 с.
2. Coal 2022. Analysis and forecast to 2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/91982b4e-26dc-41d5-88b1-4c47ea436882/Coal2022.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
3. Korppoo Anna, Sakharov Platon, Tsvetava Klava. New realities of the Russian coal sector: Focus on Kuzbass. *Climate Strategies*, 2023.
4. Российский статистический ежегодник. 2022. Статистический сборник. М.: Росстат, 2022. 691 с.
5. О промышленном производстве в январе-мае 2023 года. Срочная информация 28 июня 2023 года № 99. Росстат. 11 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/99_28-06-2023.pdf (дата обращения: 15.08.2023).
6. Höök M. Future coal production outlooks in the IPCC Emission Scenarios: Are they plausible? *International Pittsburgh Coal Conference 2010*. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:332375/FULLTEXT01.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
7. *Energy Technology Perspectives 2023*. [Электронный ресурс]. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a86b480e-2b03-4e25-bae1-da1395e0b620/EnergyTechnologyPerspectives2023.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
8. *The Hydrogen Economy in the 21st Century: A Sustainable Development Scenario*. March 2003. [Электронный ресурс]. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/7086/1/RR-03-001.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
9. *Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland*. Karlsruhe und Freiburg. Oktober 2019. URL: https://www.ieg.fraunhofer.de/content/dam/ieg/documents/pressemitteilungen/2019-10_Fraunhofer_Wasserstoff-Roadmap_fuer_Deutschland.pdf (дата обращения: 15.08.2023).
10. Construction begins on world's first integrated commercial plant for producing CO₂-neutral fuel in Chile. [Электронный ресурс]. URL: <https://press.siemens-energy.com/global/en/pressrelease/construction-begins-worlds-first-integrated-commercial-plant-producing-co2-neutral> (дата обращения: 15.08.2023).
11. Stenina I, Yaroslavtsev A. *Modern Technologies of Hydrogen Production*. *Processes*. 2023; 11(1):56. <https://doi.org/10.3390/pr11010056>.
12. Перспективы России на глобальном рынке водородного топлива. Экспертно-аналитический доклад. Москва, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eprussia.ru/upload/iblock/ede/ede334adeb4c282549a71d6fec727d64.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
13. Навстречу «зеленой» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности – обобщающий доклад для представителей властных структур. ЮНЕП, 2011 г. [Электронный ресурс]. URL: http://old.ecocongress.info/5_congr/docs/doklad.pdf (дата обращения: 15.08.2023).
14. *The hydrogen economy*. United Nations Environment Programme, 2006. [Электронный ресурс]. URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9024/-The%20Hydrogen%20Economy%20_%20A%20non-technical%20review-2006632.pdf (дата обращения: 15.08.2023).

Original Paper

UDC 338.97:622.3.013 © P.V. Simonin, N.V. Kapustina, Kuzmina A.A., E.V. Shamalova, S.A. Anokhin, E.A. Kostromina, T.B. Kurbatskaya, N.V. Kurbatskij, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 46-50
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-46-50>

Title

SHAPING AN INCLUSIVE ARCHITECTURE FOR HYDROGEN ECONOMY AND COAL CONSUMPTION

Authors

Simonin P.V.¹, Kapustina N.V.¹, Kuzmina A.A.², Shamalova E.V.³, Anokhin S.A.⁴, Kostromina E.A.⁵, Kurbatskaya T.B.⁶, Kurbatskij N.V.⁷

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

² MISIS University of Science and Technology, Moscow, 119049, Russian Federation

³ S.Yu. Witte Moscow, University, branche of Sergiev Posad, Moscow, 119991, Russian Federation

⁴ State University of Land Use Planning, Moscow, 105064, Russian Federation

⁵ Russian State University of Tourism and Service, Moscow, 141221, Russian Federation

⁶ Russian University of Transport, Moscow, 127994, Russian Federation

⁷ Academy of Labour and Social Relations, Moscow, 119454, Russian Federation

Authors Information

Simonin P.V., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Chair of Management, Faculty of Higher School of Management, e-mail: pvsimonin@fa.ru, e-mail: simoninp-v@mail.ru

Kapustina N.V., Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Economic Security and Risk Management, e-mail: NVKapustina@fa.ru

Kuzmina A.A., Candidate of Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics of the V.A. Romentz Institute of Economics and Management of Industrial Enterprises

Shamalova E.V., PhD (Economic), Associate Professor, Department of Economics and Management, e-mail: shamalova_e_v@staff.sechenov.ru

Anokhin S.A., Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Management and Management Technologies, e-mail: asa70.70@yandex.ru

Kostromina E.A., PhD (Philology), Associate Professor, Head of Department of Management and Marketing, e-mail: ea_kostromina@mail.ru

Kurbatskaya T.B., PhD (Psychology), Associate Professor, Department of Economic Theory and Management, e-mail: alterego123@yandex.ru

Kurbatskij N.V., Postgraduate student, Department of Economics and Management, e-mail: kurbatskyknick@yandex.ru

Abstract

The paper addresses the issues of transforming the power generation system based on a new model of hydrogen economy and coal consumption. It studies the prospects of coal consumption and clean energy technologies. The potential and competitive advantages of the Russian Federation have been analyzed with regard to entering the global hydrogen fuel market.

ECONOMIC

Keywords

New model for hydrogen economy, Coal consumption, Clean energy, Hydrogen fuel market.

References

1. Report on implementation of the transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030. Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow, 2022, 258 p. (In Russ.).
2. Coal 2022. Analysis and forecast to 2025. [Electronic resource]. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/91982b4e-26dc-41d5-88b1-4c47ea436882/Coal2022.pdf> (accessed 15.08.2023).
3. Korppoo Anna, Sakharov Platon, Tsvetava Klava. New realities of the Russian coal sector: Focus on Kuzbass. Climate Strategies, 2023.
4. Russian statistical yearbook 2022. Statistical Compilation. Moscow, Federal State Statistics Service (Rosstat), 2022, 691 p. (In Russ.).
5. On industrial production in January-May 2023. Immediate information as of June 28, 2023, No. 99, Federal State Statistics Service (Rosstat), 11 p. [Electronic resource]. Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/99_28-06-2023.pdf (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
6. Höök M. Future coal production outlooks in the IPCC Emission Scenarios: Are they plausible? International Pittsburgh Coal Conference 2010. [Electronic resource]. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:332375/FULLTEXT01.pdf> (accessed 15.08.2023).
7. Energy Technology Perspectives 2023. [Electronic resource]. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a86b480e-2b03-4e25-bae1-da1395e0b620/EnergyTechnologyPerspectives2023.pdf> (accessed 15.08.2023).
8. The Hydrogen Economy in the 21st Century: A Sustainable Development Scenario. March 2003. [Electronic resource]. Available at: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/7086/1/RR-03-001.pdf> (accessed 15.08.2023).
9. Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland. Karlsruhe und Freiburg, Oktober 2019. Available at: https://www.ieg.fraunhofer.de/content/dam/ieg/documents/pressemitteilungen/2019-10_Fraunhofer_Wasserstoff-Roadmap_fuer_Deutschland.pdf (accessed 15.08.2023).

10. Construction begins on world's first integrated commercial plant for producing CO₂-neutral fuel in Chile. [Electronic resource]. Available at: <https://press.siemens-energy.com/global/en/pressrelease/construction-begins-worlds-first-integrated-commercial-plant-producing-co2-neutral> (accessed 15.08.2023).

11. Stenina I. & Yaroslavtsev A. Modern Technologies of Hydrogen Production. Processes. 2023; 11(1):56. <https://doi.org/10.3390/pr11010056>.

12. Prospects of the Russian Federation in the global hydrogen fuel market. An expert and analytical report, Moscow, 2019. [Electronic resource]. Available at: <https://www.eprussia.ru/upload/iblock/ede/ede334adeb4c282549a71d6fec727d64.pdf> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).

13. Towards a Green Economy: ways towards sustainable development and poverty eradication. A synthesis report for government officials, UNEP, 2011. [Electronic resource]. Available at: http://old.ecocongress.info/5_congr/docs/doklad.pdf (accessed 15.08.2023). (In Russ.).

14. The hydrogen economy. United Nations Environment Programme, 2006. [Electronic resource]. Available at: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9024/The%20Hydrogen%20Economy%20_%20A%20non-technical%20review-2006632.pdf (accessed 15.08.2023).

For citation

Simonin P.V., Kapustina N.V., Kuzmina A.A., Shamalova E.V., Anokhin S.A., Kostromina E.A., Kurbatskaya T.B. & Kurbatskij N.V. Shaping an inclusive architecture for hydrogen economy and coal consumption. *Ugol*, 2023, (9), pp. 46-50. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-46-50.

Paper info

Received July 8, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Оригинальная статья

УДК 330.1.15:622.3.013 © О.Ю. Кузьмина, Т.Е. Степанова, С.А. Прокаев, 2023

Особенности механизма исчисления и распределения горной ренты в условиях современного недропользования

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-50-54>

КУЗЬМИНА О.Ю.

Канд. экон. наук,
доцент кафедры экономической теории
Самарского государственного
экономического университета,
443090, г. Самара, Россия,
e-mail: pisakina83@yandex.ru

Решение проблемы исчисления и распределения горной ренты между участниками недропользования позволит создать эффективный механизм обеспечения баланса интересов горнодобывающих предприятий и государства как собственника природных ресурсов. В этой связи важным является изучение экономической сущности горной ренты, выявление особенностей образования ее разновидностей, разграничение рентного дохода, обусловленного разнокачественностью природных характеристик, и предпринимательской прибыли, включающей в себя иные виды ренты, в том числе и технологическую. Авторами статьи особое внимание

уделяется ключевым принципам, которые должны быть положены в основу методологического подхода к расчету и распределению горной ренты.

Ключевые слова: рента, дифференциальная рента, предпринимательский доход, горная рента, недропользование, угольная промышленность, налогообложение.

Для цитирования: Кузьмина О.Ю., Степанова Т.Е., Прокаев С.А. Особенности механизма исчисления и распределения горной ренты в условиях современного недропользования // Уголь. 2023. № 9. С. 50-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-50-54.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие многоукладной рыночной экономики с разветвленной системой экономических и институциональных отношений требует более детального анализа ключевых принципов и методик исчисления горной ренты. Отсутствие единого подхода к изъятию и распределению данного вида рентного дохода может приводить к необоснованному обогащению одних групп участников рынка в ущерб другим, а также свидетельствовать о проблеме недополучения доходов обществом в целом [1].

Значимость изучения теории и практики рентных отношений в угольной промышленности обусловлена не только экспансией рыночных отношений, сложность которых определяется часто несбалансированной структурой экономических интересов участников, но и становлением новой постиндустриальной экономики, где знания как фактор производства играют ключевую роль [2, 3]. Знаниевый фактор не вытесняет собой «старые», напротив, помогает более эффективно их использовать, с большей отдачей и результативностью. Вовлечение в хозяйственный оборот все новых угольных месторождений, способных удовлетворить возрастающие потребности общества в продукции горнодобывающих компаний, является объективной основой возникновения горной ренты. Экономическая объективность появления различных форм рентного дохода в угольной промышленности и слабая научная проработанность вопросов их изъятия и распределения в пользу общества и государства обуславливают неоспоримую актуальность изучаемой проблемы.

ГОРНАЯ РЕНТА И ЕЕ РАЗНОВИДНОСТИ

Горная рента представляет собой основу экономических и правовых отношений, которые выстраиваются между горнодобывающими предприятиями (недропользователями) и государством (собственником природных ресурсов). По своей сути, она представляет собой часть дохода компании, занимающейся хозяйственным использованием недр [4]. При сложившейся системе недропользования, где официально закрепленным собственником содержащихся в недрах полезных ископаемых является государство, эта часть дохода в будущем подлежит изъятию в его пользу.

Оперируя критерием формирования рентного дохода, придется констатировать, что горная рента неоднородна и делится на абсолютную и дифференциальную составляющие.

Существование абсолютной горной ренты обусловлено тем, что даже замыкающие месторождения способны приносить экономическую прибыль, которая образуется в результате превышения ценой предельных альтернативных издержек худших мест добычи угля. Отклонение цены от предельных затрат во многом связано с процессом монополизации отношений в угольной промышленности. Постоянно возрастающие потребности в продукции горнодобывающих предприятий, естественная ограниченность минерально-сырьевой базы обеспечивают высокий устойчивой спрос в этом сег-

СТЕПАНОВА Т.Е.

Доктор экон. наук,
заведующий кафедрой
экономической безопасности
Калининградского государственного
технического университета,
236022, г. Калининград, Россия,
e-mail: tatyana.stepanova@klgtu.ru

ПРОКАЕВ С.А.

Аспирант кафедры экономической теории
Самарского государственного
экономического университета,
443090, г. Самара, Россия,
e-mail: s.prokaev@mail.ru

менте экономики, подстегивающий предложение. Все это приводит к усилению процесса вовлечения в разработку новых месторождений, удаленных от рынков сбыта, имеющих низкое качество природных характеристик. Но, несмотря на высокие предельные издержки добычи угля на таких карьерах, их собственники будут требовать вознаграждение за введение их продукции в хозяйственный оборот в форме абсолютной горной ренты, размер которой будет только увеличиваться за счет нарастания эффекта масштаба и институциональных блоков в условиях неконкурентной рыночной борьбы.

Монополизация выступает причиной появления и дифференциальной горной ренты, только в этом случае речь идет не о монополии собственности на природный ресурс, а о монополии хозяйствования. Природная разноразнокачественность месторождений выступает основой образования дифференциальной ренты I рода. Лучшие по качеству угольные шахты позволяют получить продукцию с меньшими издержками, чем те, где уголь залегает глубже и имеет худшие характеристики. В таких условиях у большинства горнодобывающих предприятий возникает избыточный доход, сверхприбыль, или, другими словами, горная дифференциальная рента I рода (см. рисунок). Условием ее образования является также близкое расположение угледобычи к рынкам сбыта, что позволяет предприятию, занимающемуся разработкой даже бедного месторождения, но в хорошо освоенном районе, обладать конкурентными преимуществами в форме извлечения дополнительной рентной выгоды.

Горная дифференциальная рента II рода возникает благодаря дополнительным капиталовложениям, ее происхождение является не естественным (природным), а искусственным, за счет целенаправленных действий предпринимателя по более комплексному использованию минерального сырья, применению новых технологических разработок при добыче полезных ископаемых. Этот вид рентного дохода сложно разграничить с предпринимательской прибылью и технологической (иннова-

ционной) рентой [5]. Тем не менее его существование не поддается сомнению.

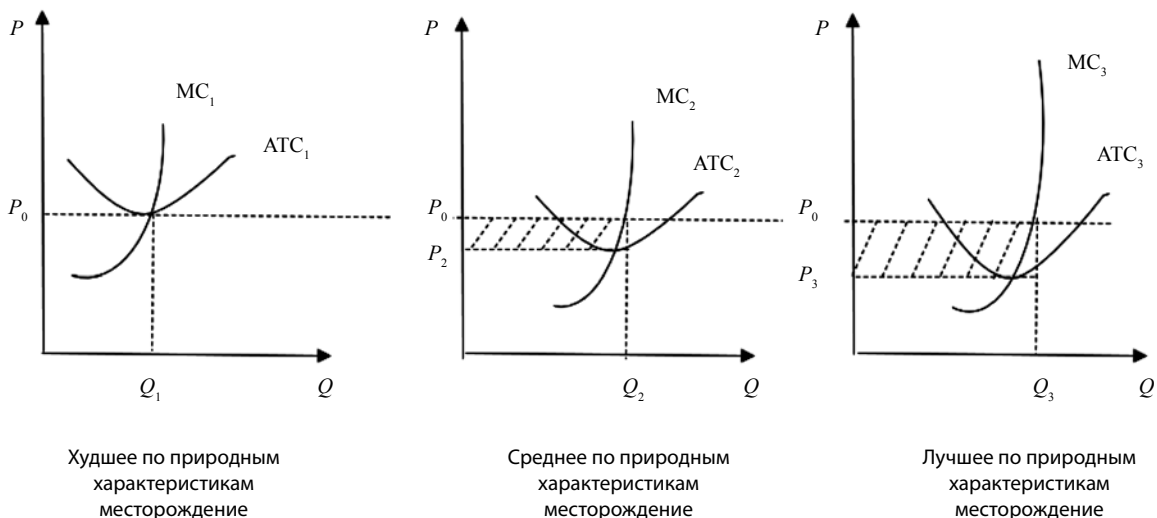
Ряд авторов рассуждают о наличии монопольной горной ренты [6]. Механизм ее возникновения такой же, как у абсолютной, но в отличие от первой горная монопольная рента закрепляется под воздействием либо фактора уникальности угольного месторождения, либо институциональных барьеров, дающих возможность горнодобывающему предприятию влиять на механизм ценообразования угля.

Если даже на теоретическом уровне анализа рентных доходов в угольной промышленности возникают противоречия и нестыковки, что демонстрирует процесс развития теории ренты во времени, то на практике исчисление горной ренты и, тем более, различных ее видов существенно затруднено [7].

ГОРНАЯ РЕНТА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЙ ДОХОД

Исчисление горной ренты требует ранжирования угольных месторождений по качественным характеристикам. Однако, по мнению В.И. Данилова-Данильяна, найти абсолютно идентичные или очень близкие по составу и расположению горные выработки сложно, а следовательно, «построить статистически выверенный ансамбль месторождений» для расчета горной ренты невозможно [8]. Е.В. Моргунов говорит о трудностях разграничения экономических и природных факторов, воздействующих на издержки, а в последующем и на прибыль горнодобывающих предприятий [9]. Отсутствие четкой дифференциации факторов создает путаницу в определении величин горной ренты и предпринимательского дохода, что может явиться причиной либо снижения мотивационной активности к эффективному использованию недр хозяйствующими субъектами, либо вылиться в недополучение дохода государством.

В подавляющем большинстве исследований рента рассчитывается остаточным способом. Н.Я. Петраков, Ю.В. Разовский, И.Н. Буздалов определяют ренту как излишек прибыли над либо нормальным, либо средним ее



Источник: составлено авторами

Возникновение дифференциальной горной ренты на месторождениях с разными природными характеристиками
 Generation of differential mining rent at deposits with different natural characteristics

значением, полностью игнорируя вопрос, а что первично, предпринимательский доход, чей размер сразу зажат в показателе нормальной (средней) прибыли, или рента [10, 11, 12]. Любые инновации недропользователя при таком варианте исчисления его предпринимательского дохода будут приводить к превращению технологической (инновационной) ренты, принадлежащей горнодобывающему предприятию, в горную ренту, изымаемую государством. Это, однозначно, подрывает основы эффективного недропользования, делая хозяйственника безынициативным участником в добыче природных ресурсов.

В сложившейся системе недропользования прибыль и рента возникают одновременно, и не прибыль задает границы ренты, а рента определяет границы прибыли. Точность и объективность расчета горной ренты будут во многом зависеть от полноты и достоверности учета ключевых показателей деятельности горнодобывающих предприятий, позволяющих проранжировать их, выделив из общей массы близкие друг к другу рыночные структуры. Наложение дифференциации по природному и экономическому факторам позволит более четко увидеть процесс формирования технологической (инновационной) и горной ренты [13].

КЛЮЧЕВЫЕ ПРИНЦИПЫ ИСЧИСЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРНОЙ РЕНТЫ

При разработке натурально-стоимостной методики исчисления горной ренты требуется адекватно отразить взаимосвязь между природными факторами и величиной добавочного продукта того или иного месторождения [14]. Методика должна представлять собой многофакторный корреляционный анализ, позволяющий идентифицировать месторождения по однородности природных характеристик.

Важнейшими положениями, которые должны учитываться при расчете и распределении горной ренты между участниками современной системы недропользования, являются следующие:

– колебания рыночной цены никаким образом не связаны с природой горной ренты, они являются чаще всего причиной сверхприбылей (экономических квази-рент), находящихся отражение в величине предпринимательского дохода горнодобывающих предприятий;

– худшие по природным характеристикам месторождения являются ориентиром в определении величины как абсолютной горной ренты, так и базового предпринимательского дохода, минимального вознаграждения, удерживающего предпринимателя в данной отрасли;

– анализ месторождений горнодобывающих компаний, близких по структуре и качественным характеристикам капитала, позволит определить горную дифференциальную ренту с наименьшим объемом «примесей» технологических (инновационных) ренты, входящих в состав предпринимательского дохода;

– в существующей системе недропользования только часть горной ренты как сверхприбыли, возникающей по причине природных факторов, подлежит изъятию в пользу собственника минеральных ресурсов, коим является государство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемы, которые возникают в процессе исчисления и распределения горной ренты, могут стать существенным препятствием в реализации принципов эффективного недропользования [15]. Поиск баланса интересов собственника полезных ископаемых и предпринимателей, занимающихся их добычей, должен лечь в основу научно обоснованного расчета как горной ренты, так и предпринимательского дохода. Четкое разграничение этих форм вознаграждения во многом зависит от учета не только природных характеристик месторождений, но и факторов изменения рыночной конъюнктуры, а также инновационной активности горнодобывающих предприятий. Государственное регулирование рентных отношений недропользования должно быть нацелено не только на рост налоговых поступлений в бюджет, но и учитывать состояние минерально-сырьевой базы, решая задачу по ее комплексному развитию, в том числе и за счет внедрения технологических инноваций.

Список литературы

1. Nexus between total natural resource rents and public debt in resource-rich countries: A panel data analysis / G. Minu, K. Am-pofo, C. Jinhua et al. // *Resources Policy*. 2021. Vol. 74. 102276. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102276.
2. Rent-seeking, promotion pressure and green economic efficiency: Evidence from China / L. Wang, Y. Shao, Y. Sun et al. // *Economic Systems*. 2022. 101011. DOI: 10.1016/j.ecosys.2022.101011.
3. Natural resources rents, capital formation and economic performance: Evaluating the role of globalization / Y. Li, M. Tariq, S. Khan et al. // *Resources Policy*. 2022. Vol. 78. 102817. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102817.
4. Разовский Ю.В., Борисова О.В., Арте Н.В. О рентных противоречиях недропользования // *Уголь*. 2021. № 1. С. 43-45. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-43-45.
5. Александров Г.А., Комаров И.С. Рентные отношения и разделение прибыли от добывающей деятельности на ренту и предпринимательский доход // *Экономика в промышленности*. 2017. Т. 10. № 3. С. 232-241. DOI:10.17073/2072-1633-2017-3-232-241.
6. Чернявский С.В., Шутов О.Л., Астахова И.А. Проблемы совершенствования механизма изъятия природной ренты в интересах собственника ресурса // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2021. № 56. С. 119-127. DOI: 10.17223/19988648/56/9.
7. Серов В.М., Астафьева О.Е. Обоснование методических подходов к определению природной ренты угольных месторождений // *Уголь*. 2020. № 4. С. 37-39. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-37-39.
8. Данилов-Данильян В.И. Природная рента и управление использованием природных ресурсов // *Экономика и математические методы*. 2004. Том 40. № 3. С. 3-15. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17716614_66381509.PDF (дата обращения: 15.08.2023).
9. Моргунов Е.В. Институционализация горной ренты в нефтегазовом секторе России // *Вопросы экономики*. 2005. № 2. С.94-104. DOI: 10.32609/0042-8736-2005-2-94-104.
10. Петраков Н.Я. Отношения собственности в переходной экономике // *Промышленная политика в Российской Федерации*. 2004. № 3. С. 5-11. URL: <http://www.ipr-ras.ru/articles/petr04-4.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).

11. Разовский Ю.В. Методика и алгоритм определения величины дифференциальной горной ренты // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 1997. № 2. С. 153–157. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-i-algoritm-opredeleniya-velichiny-differentsialnoy-gornoy-renty/viewer> (дата обращения: 15.08.2023).
12. Буздалов И.Н. Природная рента как категория в рыночной экономике // Вопросы экономики. 2004. № 3. С. 24-35. DOI: 10.32609/0042-8736-2004-3-24-35.
13. Fernandez V. Innovative intensity in the mining industry: Evidence from patent families // Resources Policy. 2022. Vol. 78. 102805. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102805.
14. Khoshnoodi A., Farouji M.D., Haan J. The effect of natural resources rents on institutional and policy reform: New evidence // Resources Policy. 2022. Vol. 78. 102856. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102856.
15. Lim K.Y., Morris D. Thresholds in natural resource rents and state owned enterprise profitability: Cross country evidence // Energy Economics. 2022. Vol. 106. 105779. DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105779.

Original Paper

UDC 330.1.15:622.3.013 © O.Yu. Kuzmina, T.E. Stepanova, S.A. Prokaev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 50-54
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-50-54>

Title

SPECIFIC FEATURES OF CALCULATION AND DISTRIBUTION OF MINING RENT IN THE CONTEXT OF PRESENT-DAY SUBSOIL USE

Authors

Kuzmina O.Yu.¹, Stepanova T.E.², Prokaev S.A.¹

¹ Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation

² Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, 443090, Russian Federation

Authors Information

Kuzmina O.Yu., PhD (Economic), Associate Professor of Economic Theory Department, e-mail: pisakina83@yandex.ru

Stepanova T.E., Doctor of Economic Sciences, Head of the Economic Security Department, e-mail: tatyana.stepanova@klgtu.ru

Prokaev S.A., Graduate Student of Economic Theory Department, e-mail: s.prokaev@mail.ru

Abstract

Solving the problem of calculating and distributing mining rent between the members of subsoil use will help to create an effective mechanism for balancing the interests of the mining companies and the state as the owner of natural resources. This explains the importance of studying the economic nature of the mining rent, identifying the specific features in formation of its varieties, distinguishing between the rent income, due to the diversity of natural characteristics, and the business profit, which includes other types of rents, the technological rent being one of them. The authors pay special attention to the key principles that should form the basis of the methodological approach to calculation and distribution of the mining rent.

Keywords

Rent, Differential rent, Business income, Mining rent, Subsoil use, Coal industry, Taxation.

References

1. Minu G., Ampofo K., Jinhua C., Bosah P.C., Ayimadu E.T. & Senadzo P. Nexus between total natural resource rents and public debt in resource-rich countries: A panel data analysis. *Resources Policy*, 2021, (74), 102276. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102276.
2. Wang L., Shao Y., Sun Y. & Wang Y. Rent-seeking, promotion pressure and green economic efficiency: Evidence from China. *Economic Systems*, 2022, 101011. DOI: 10.1016/j.ecosys.2022.101011.
3. Li Y., Tariq M., Khan S., Rjoub H. & Azhar A. Natural resources rents, capital formation and economic performance: Evaluating the role of globalization. *Resources Policy*, 2022, (78), 102817. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102817.
4. Razovskiy Yu.V., Borisova O.V., Artemiev N.V. & Saveleva E.Yu. About rent contradictions of subsurface use. *Ugol'*, 2021, (1), pp. 43-45. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-43-45.
5. Aleksandrov G.A. & Komarov I.S. Rental relations and profit sharing from extractive activity on rents and entrepreneurial income. *Ekonomika v promyshlennosti*, 2017, Vol. 10, (3), pp. 232-241. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2017-3-232-241.

6. Chernyavskiy S.V., Shutov O.L. & Astakhova I.A. Problems of improving the mechanism of natural rent extraction in the interests of the resource owner. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, Ekonomika*, 2021, (56), pp. 119-127. (In Russ.). DOI: 10.17223/19988648/56/9.

7. Serov V.M. & Astafyeva O.E. Substantiation of methodical approaches to determination of natural rent of coal deposits. *Ugol'*, 2020, (4), pp. 37-39. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-37-39.

8. Danilov-Danilyan V.I. The natural rent and natural resources use management. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 2004, Vol. 40, (3), pp. 3-15. (In Russ.). Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17716614_66381509.PDF (accessed 15.08.2023).

9. Morgunov E.V. Institutionalizing of Mining Rent in the Russian Oil and Gas Complex. *Voprosy ekonomiki*, 2005, (2), pp. 94-104. (In Russ.). DOI: 10.32609/0042-8736-2005-2-94-104.

10. Petrakov N.Ya. Property relations in the transition economy. *Promyshlennaya politika v Rossijskoj Federacii*, 2004, (3), pp. 5-11. (In Russ.). Available at: <http://www.ipr-ras.ru/articles/petr04-4.pdf> (accessed 15.08.2023).

11. Razovsky Yu.V. Methodology and algorithm for determining the amount of differential mining rent. *Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'*, 1997, (2), pp. 153-157. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-i-algoritm-opredeleniya-velichiny-differentsialnoy-gornoy-renty/viewer> (accessed 15.08.2023)

12. Buzdalov I.N. Natural rent as a category of market economy. *Voprosy ekonomiki*, 2004, (3), pp. 24-35. (In Russ.). DOI: 10.32609/0042-8736-2004-3-24-35.

13. Fernandez V. Innovative intensity in the mining industry: Evidence from patent families. *Resources Policy*, 2022, (78), 102805. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102805.

14. Khoshnoodi A., Farouji M.D. & Haan J. The effect of natural resources rents on institutional and policy reform: New evidence. *Resources Policy*, 2022, (78), 102856. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102856.

15. Lim K.Y. & Morris D. Thresholds in natural resource rents and state owned enterprise profitability: Cross country evidence. *Energy Economics*, 2022, (106), 105779. DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105779.

For citation

Kuzmina O.Yu., Stepanova T.E. & Prokaev S.A. Specific features of calculation and distribution of mining rent in the context of present-day subsoil use. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 50-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-50-54.

Paper info

Received April 3, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Исследование инструментов цифровых трансформаций подземных горнодобывающих предприятий в аспекте управления спросом на электроэнергию*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-55-62>

В работе приведен опыт исследования и разработки цифровых технологий для повышения эффективности работы подземного горнодобывающего предприятия (ПГДП) в аспекте задач управления спросом на электроэнергию системы вентиляции. Представлены типовые инструменты цифровой трансформации на примере автоматизированной корпоративной системы регионального геомеханического мониторинга (СРГМ). Показаны функционально-алгоритмические возможности горно-геологической информационной системы (ГИС), встроенной в СРГМ. Приведены примеры реализации задач в подсистемах геолого-маркшейдерского сопровождения горных работ; САПР горных работ; интеллектуальной системе анализа, интерпретации и обработки первичной информации ГИС; приведен пример работы «самокорректирующейся» системы расчета сдвижений и деформаций дневной поверхности в новых горно-геологических и горнотехнических условиях. Показано, как набор цифровых двойников объектов и процессов системы проветривания ПГДП при интеграции в состав ГИС, может быть использован для динамического управления энергоресурсами.

Ключевые слова: управление спросом на электроэнергию, цифровые трансформации, подземное горнодобывающее предприятие, краткосрочное прогнозирование нагрузки, цифровой двойник.

Для цитирования: Исследование инструментов цифровых трансформаций подземных горнодобывающих предприятий в аспекте управления спросом на электроэнергию / М.Л. Журавков, А.В. Николаев, А.В. Кычкин и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 55-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-55-62.

ЖУРАВКОВ М.Л.

Доктор физ.-мат. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Теоретическая и прикладная механика» БГУ,
220141, г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: zhuravkov@bsu.by

НИКОЛАЕВ А.В.

Доктор техн. наук, доцент,
профессор кафедры
«Горная электромеханика» ПНИПУ,
614990, г. Пермь, Россия,
e-mail: nikolaev0811@mail.ru

КЫЧКИН А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
научный сотрудник научно-учебной лаборатории
междисциплинарных эмпирических исследований
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»,
614070, г. Пермь, Россия,
e-mail: avkychkin@hse.ru

ПРЕСНЯКОВ А.А.

Студент кафедры «Горная электромеханика»
ПНИПУ,
614990, г. Пермь, Россия,
e-mail: arseny8950@gmail.com

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках проекта Международной исследовательской группы «Разработка цифровой модели прогнозирования и ценозависимого управления спросом на электроэнергию, потребляемую подземными горнодобывающими предприятиями», 2020 г. (соглашение № С-26/506 от 09.03.2021).

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности работы подземных горнодобывающих предприятий (ПГДП) связано с обеспечением безопасности труда и снижением стоимости эксплуатации оборудования. Во многом эти задачи решаются путем цифровизации объектов и процессов, а также последующим анализом накапливаемой информации, что в конечном счете приводит к серьезным преобразованиям потоков данных и управления мероприятиями по энергосбережению. В горнодобывающей промышленности, где потенциал и эффективность использования цифровых технологий достаточно велики, примеров лучших практик цифровых трансформаций в аспекте управления спросом на электроэнергию еще мало.

Для цифровых трансформаций ПГДП необходимо наличие как минимум трех составляющих [1]: большие объемы данных и знаний, значительные вычислительные мощности, развитые интеллектуальные алгоритмы обработки информации. Необходимое требование к интеллектуализации аналитических методов в настоящее время должно состоять в том, чтобы расчетные модули не «работали» как «черные ящики», выдающие решение. Они должны постоянно самообучаться и адаптироваться к изменениям в части энергопотребления, представлять интерпретируемые результаты по стратегиям снижения нагрузок, демонстрировать понятный и эффективный путь получения решения. В особенности это проявляется при разработке автоматизированных систем поддержки принятия решений по управлению спросом на электроэнергию как одного из наиболее перспективных направлений развития цифровых фабрик в рамках концепции Индустрия 4.0, в особенности при разработке интеллектуальных систем моделирования и прогнозирования энергопотребления. Отметим, что на современном этапе речь идет об автоматизированных системах, то есть системах с участием человека в управлении процессом спроса на электроэнергию, осуществляемом в рамках протекающих на ПГДП цифровых трансформаций.

Одними из стратегических целей активного развития инструментов ценозависимого управления спросом на электроэнергию являются: разработка математических основ методов обработки и интеллектуального анализа данных для различных прикладных областей и направлений работы ПГДП; разработка математических основ систем компьютерного моделирования технологических процессов, расчетов и анализа физических процессов; переход к новым интеллектуальным CAD-, CAE- и CAM-технологиям [2, 3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для эффективной работы подземного горнодобывающего предприятия необходимо все процессы, происходящие на нем, объединить в общую структуру и наладить процесс добычи полезного ископаемого таким образом, чтобы все процессы были оптимизированы и максимально эффективны. Реализовать эту работу можно при построении цифрового двойника (ЦД) предприятия.

Для создания ЦД такого сложного объекта, как горнодобывающее предприятие, необходимо построить ЦД от-

дельных структурных элементов объекта, которых может быть не только сотни, но и тысячи. Для этого необходимо выделить различные уровни функционирования цифровых двойников.

1. ЦД отдельного элемента (компонента).

Так, например, если успешная работа некоторого механизма (системы) определяющим образом зависит от функционального состояния конкретных деталей (модулей), то необходимо создать ЦД этих деталей (модулей), позаботившись, конечно, об организации «обратной связи» от них к их виртуальным копиям.

Например, это могут быть ролики в системе конвейеров в шахте, подшипники в вентиляторах местного проветривания в вентиляционной системе рудника, трос в системе подъемного комплекса.

2. ЦД отдельных модулей структурных элементов объекта, что обеспечивает контроль за состоянием конкретного оборудования, элемента объекта.

Например, в таком структурном элементе рудника, как «система вентиляции и проветривания подземного пространства», в качестве отдельных модулей можно выделить вентиляторы, двигатели. В этом случае, при необходимости, «физические модули» могут обмениваться информацией со своими виртуальными копиями.

3. ЦД структурных элементов объекта, что позволяет контролировать состояние и работу сложных элементов, состоящих из большого количества модулей, обеспечивающих выполнение определенной функциональности.

Так, например, применительно к объекту «рудник» структурным элементом может быть горно-добычной комплекс, подъемный комплекс и т.д.

4. ЦД всего объекта в целом, позволяющий получать информацию о текущем состоянии объекта и прогнозировать ситуацию в дальнейшем. Работа ЦД данного уровня зависит от согласованной совместной работы ЦД всех предыдущих уровней.

Так, ЦД рудника представляет собой сопряженный виртуальный двойник большого количества цифровых двойников всех внутренних компонентов рудника.

При реализации такого подхода можно повышать энергоэффективность технологических процессов при соблюдении правил безопасности. При этом повышение эффективности производства можно обеспечить не только снижением потребляемой оборудованием электроэнергии, но и за счет участия предприятия в работе по управлению спросом на электроэнергию.

Необходимость регулирования электроэнергии, потребляемой предприятиями, связана с проблемой баланса мощности в виде сопоставления генерируемой и потребляемой электроэнергии, поскольку большинство электростанций в промышленных районах производят ее непрерывно в течение суток, в то время как энергопотребление носит ярко выраженный циклический характер, привязанный к 24-часовому интервалу времени. Это приводит к тому, что электрическая мощность, производимая в часы низкого спроса, не востребована, в то время как в часы пикового спроса наблюдается нехватка [4]. Неспособность автоматического реагирования на динамику спроса приводит к снижению гибкости энерго-

системы и, как следствие, к высоким эксплуатационным затратам [5-7].

Рынок управления спросом является новым для России, он регламентируется нормативной документацией, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 20.03.2019 № 287. Для реализации данных мероприятий введен Агрегатор управления спросом на электрическую энергию – субъект электроэнергетики, объединяющий ресурсы розничных потребителей для предоставления услуги по управлению спросом на электрическую энергию. Агрегатор является участником оптового рынка электроэнергии, управляющим изменением нагрузки группы потребителей (например, на руднике или шахте), с целью продажи совокупности регулировочных способностей как единого объекта в качестве товара/услуги на оптовом рынке и/или на рынке системных услуг.

Система, которая позволит управлять потреблением электроэнергии в зависимости от спроса, предложена в работе [8]. Основная идея заключается в том, чтобы при помощи алгоритмов предиктивной аналитики заранее (за сутки вперед) выявить возможность временного и количественного снижения электроэнергии, потребляемой подземным горнодобывающим предприятием. Возможность снижения определяется в зависимости от стохастических и закономерных факторов.

В первом случае основную роль играет естественная тяга, возникающая между шахтными стволами вследствие разности плотностей воздуха, поступающего в них [9-12], то есть в зависимости от параметров наружного воздуха.

Ввиду того, что естественная тяга влияет на работу основного потребителя электроэнергии – главной вентиляционной установки (ГВУ), увеличивая или снижая ее энергопотребление, процесс изменения температуры наружного воздуха может стать фактором, влияющим на потребление электроэнергии ГВУ: при действии положительной естественной тяги (способствующей проветриванию) производительность ГВУ может быть снижена при сохранении объемного расхода воздуха, поступающего в шахту (рудник).

Учитывая тот факт, что успешность (оправдываемость) гидрометеорологических прогнозов и предупреждений об атмосферных явлениях в краткосрочный период (за сутки вперед) достигает 85-90 % [13, 14], можно заранее определить величину естественной тяги, которая будет действовать между шахтными стволами, а следовательно, определить режим работы ГВУ и возможность снижения ее производительности (потребления электроэнергии) в заданное время. Такой подход позволит учитывать в процессе ценозависимого спроса на электроэнергию режим работы ГВУ.

Алгоритм расчета величины естественной тяги, возникающей между шахтными стволами, в зависимости от параметров воздуха, поступающего в них, и производительности ГВУ с учетом ее действия приведен в работах [10, 15].

Учитывая тот факт, что только за счет управления работой ГВУ при изменении естественной тяги эффективно управлять спросом на электроэнергию не представляется возможным, в систему необходимо внести данные по работе устройств и механизмов, применяемых на подземных

горнодобывающих предприятиях, для возможности анализа их работы и внести их в ЦД предприятия.

В настоящее время разработаны научные основы, предложены и обоснованы состав и наполнение автоматизированных корпоративных систем регионального геомеханического мониторинга (СРГМ) для регионов крупномасштабного освоения подземного пространства [16, 17]. Элементы такой системы внедряются в ОАО «Беларуськалий».

Система регионального геомеханического мониторинга определяется как автоматизированная компьютерная информационно-измерительная и аналитическая система режимного (непрерывного, периодического, заданного) контроля, диагностики, математического и компьютерного моделирования и прогноза общего геомеханического и связанного с ним горно-экологического состояния подземного и поверхностного пространства экосистемы в регионе крупномасштабного освоения подземного и приповерхностного освоения толщи породного массива.

По сути, при таком определении СРГМ представляет собой ЦД геомеханических процессов для горнодобывающего предприятия.

Основу СРГМ составляет горно-геологическая информационная система (ГГИС) с многослойными компьютерными картами породной толщи с горными работами, дневной поверхности в пределах шахтных отводов, промплощадок [17]. На базе ГГИС разработан большой набор систем, подсистем и комплексов для решения широкого спектра прикладных задач (рис. 1). Наиболее значимой является уникальная автоматизированная система геолого-маркшейдерского сопровождения и текущего проектирования горных работ для ОАО «Беларуськалий» [17, 18], (рис. 2, 3). Обязательным элементом прикладного программного обеспечения является наличие функциональности, позволяющей выполнять интеллектуальный анализ данных и ситуаций с выдачей рекомендаций и решений. Так, важным элементом является модуль анализа, интерпретации и работы с Базой первичной информации (рис. 4).

Среди задач, в решении которых важную роль играет СРГМ, одной из наиболее важных является задача контроля за состоянием ответственных техногенных объектов и выдачи прогноза относительно их «устойчивости» по отношению к авариям и катастрофам.

В качестве примера можно привести разработку автоматизированной подсистемы расчета и прогноза развития и изменения во времени основных характеристик деформационных процессов на дневной поверхности и в приповерхностных областях породного массива вследствие ведения подземных горных работ с учетом данных натуральных геодезических наблюдений и обработки снимков спутниковых наблюдений [19].

Система моделирования и прогноза процессов сдвижений дневной поверхности и расчета основных деформационных характеристик базируется на использовании интегрированной цифровой модели породной толщи с подземными сооружениями, которая строится, в свою очередь, на данных ГГИС-проекта. Технологии построения базовых механико-математических моделей ориен-

Разработка программного обеспечения для совместной работы служб горного предприятия

Разработанные ГГИС и АРМы

Одновременная корпоративная работа на предприятии в режиме «online» (> 200-300 специалистов одновременно):

- маркшейдерские отделы всех рудников и отдел главного маркшейдера объединения;
- геологические отделы всех рудников и отдел главного геолога объединения;
- бюро проектирования всех рудников;
- горные участки всех рудников, горный отдел объединения;
- главные специалисты всех рудников и объединения и др.

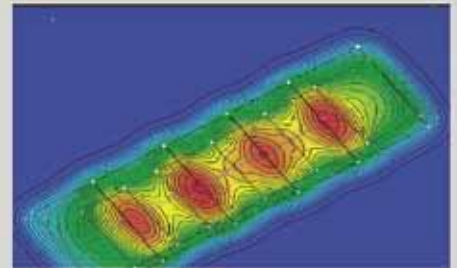
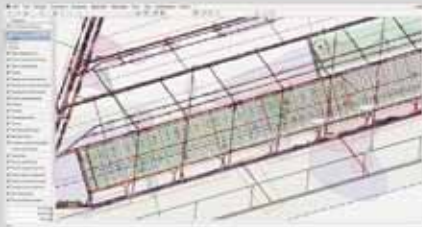
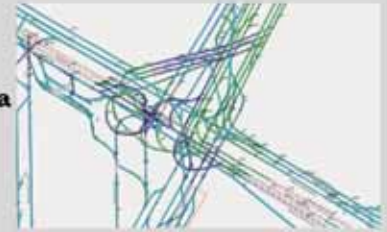


Рис. 1. Горно-геологическая информационная система (ГГИС) как базовый элемент многочисленных автоматизированных комплексов и рабочих мест специалистов горнодобывающего предприятия

Fig. 1. The mining geological information system (MGIS) as a basic element of numerous automated complexes and workstations of mining specialists

Геолого-маркшейдерское сопровождение горных работ

№	Y	X	Название точки	Дир. угол
1	4202140	1278119	171007	28 2728
2	4202140	1278119	171007	28 2728
3	4202140	1278119	171007	28 2728
4	4202140	1278119	171007	28 2728
5	4202140	1278119	171007	28 2728

Y	X	Название точки	Дир. угол
4202140	1278119	171007	28 2728
4202140	1278119	171007	28 2728

Рис. 2. Примеры реализации задач в подсистеме геолого-маркшейдерского сопровождения горных работ

Fig. 2. Examples of task implementation in the geological and mine surveying subsystem

САПР горных работ

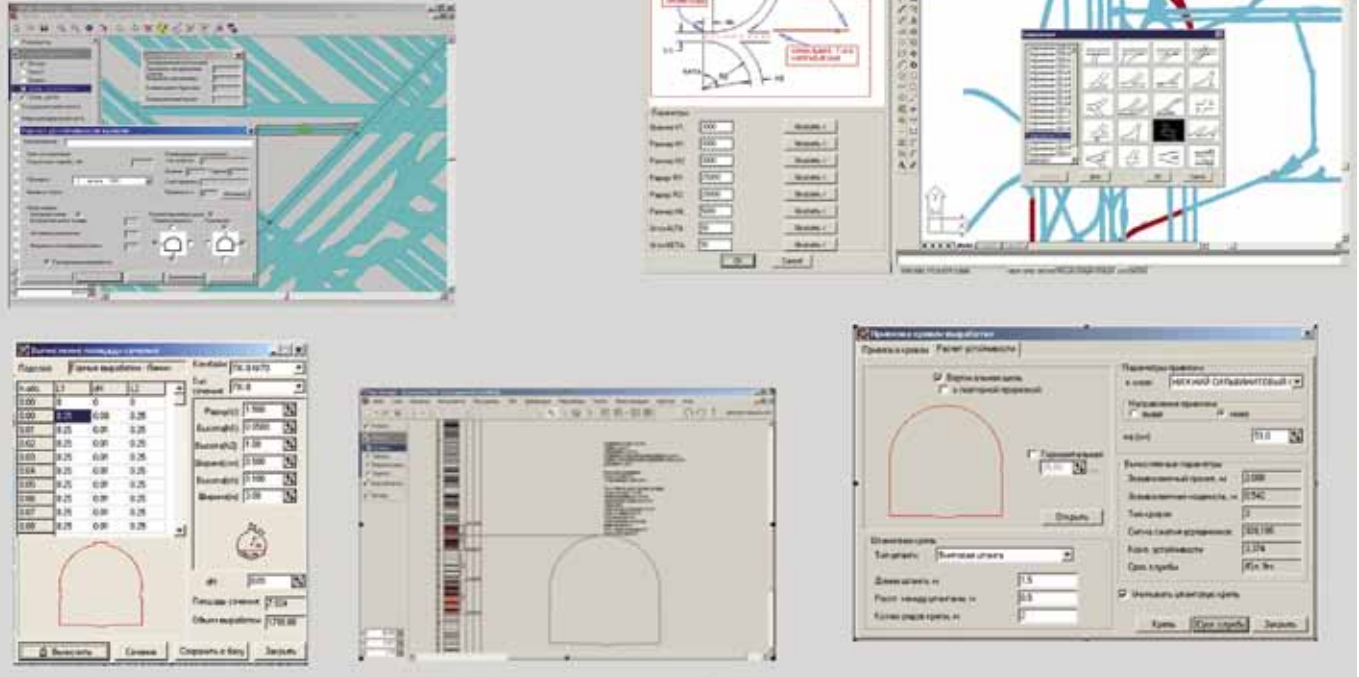


Рис. 3. Примеры реализации задач в подсистеме САПР горных работ
 Fig. 3. Examples of task implementation in the mining CAD subsystem

Система анализа, контроля, интерпретации и обработки исходной информации

Интеллектуальная обработка исходной (первичной) информации

- ✓ Статистическая обработка данных;
- ✓ Интерпретация данных;
- ✓ Восстановление данных;
- ✓ Вычисление эффективных и «вторичных» характеристик;
- ✓ Специализированные модули;
- ✓ Построение специализированных моделей

$$D(X, pE) = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n \ln \left(1 - \frac{1}{n} \right)^2 \left(\sum_{j=1}^n \frac{x_j}{p_j} \right) \left(\sum_{j=1}^n p_j \gamma_j(x_i) \right) \right\} = \sum_{i=1}^n \ln \left(\sum_{j=1}^n \frac{x_j}{p_j} \right) \left(\sum_{j=1}^n p_j \gamma_j(x_i) \right)$$

$$F(X_{IT}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i^H(x_{it}) - p_i)^2} \rightarrow \min_{X_{IT}}$$

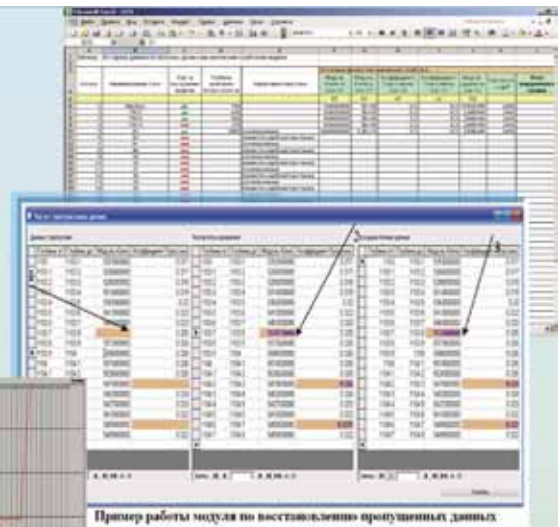
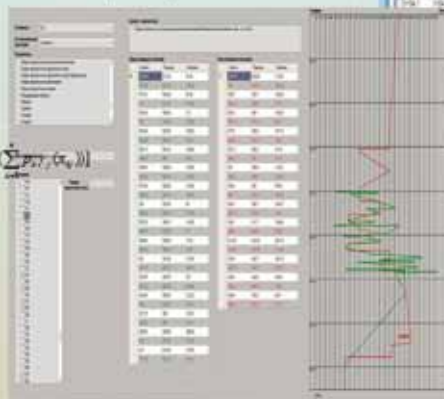


Рис. 4. Интеллектуальная система анализа, интерпретации и обработки первичной информации
 Fig. 4. Intelligent system for the analysis, interpretation and processing of primary information

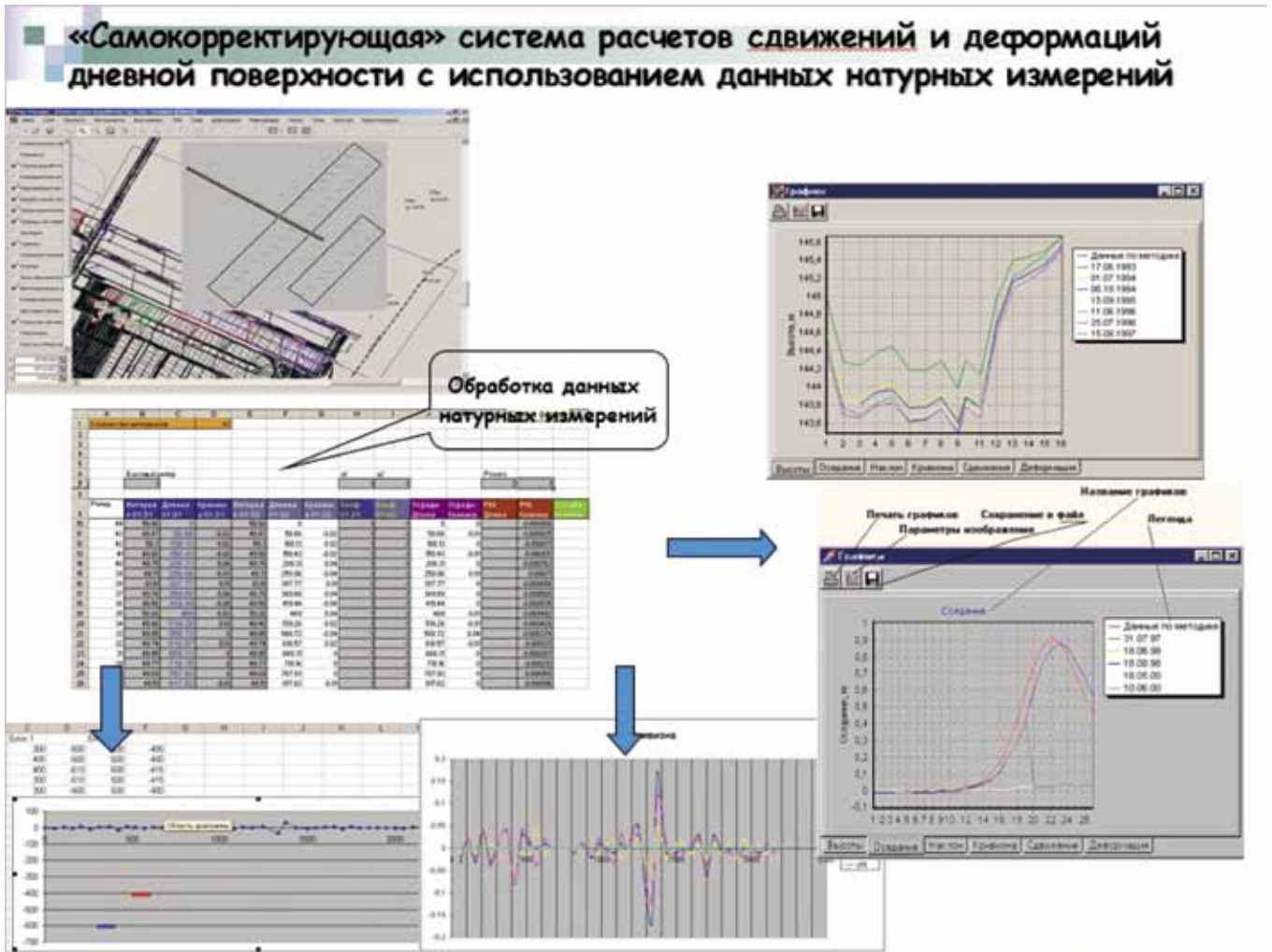


Рис. 5. Пример работы «самокорректирующейся» системы расчета сдвигов и деформаций дневной поверхности в новых горно-геологических и горнотехнических условиях

Fig. 5. An example of a «self-correcting» system for calculating surface displacements and deformations under new mining and geological and mining conditions

тированы на экспериментально-аналитический подход, совмещающий в себе достоинства строгих аналитических методов и моделей и результаты обработки конкретных детерминированных эмпирических данных.

С точки зрения разработки эффективной компьютерной системы достоверного расчета и прогноза основных характеристик процесса сдвигов земной поверхности, технологии ИИ интересны тем, что на их основе можно создать самокорректирующуюся интеллектуальную систему, самонастраивающуюся на конкретные горно-геологические и горнотехнические условия [20] (рис. 5).

Разработанная система ГИС позволит определять порядок отработки шахтного поля, уровень загрузки оборудования, а следовательно, возможность снижения энергопотребления подземным горнодобывающим предприятием как в долгосрочном, так и в краткосрочном периоде времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в работе система ГИС позволит спрогнозировать все этапы работы подземного горнодобывающего предприятия, в результате чего заранее будет известна загрузка применяемого электрооборудования. В этом случае будут определяться возможные варианты снижения потребления электроэнергии оборудованием и корректировка его работы в зависимости от необходимого снижения энергопотребления в установленное время.

Дополнительный модуль, позволяющий учитывать изменение параметров наружного воздуха, позволит в заданное время не просто снижать потребляемую ГВУ электроэнергию, а делать это с учетом спроса.

При этом возможность снижения потребления электроэнергии не повлияет на безопасность ведения горных работ и не будет негативно влиять на технологический процесс.

Список литературы

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. М.: Издательство «Вильямс», 2016. 1408 с.
2. Искусственный интеллект в инженерном образовании / Б.А. Левин, А.А. Пискунов, В.Ю. Поляков и др. // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 79-95.
3. Рябко Т.В., Гуртов В.А., Степутьев И.С. Анализ показателей подготовки кадров для сферы искусственного интеллекта по результатам мониторинга вузов // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 9-24.
4. Кудж С.А., Цветков В.Я. Сетевое управление и кибер-физические системы // Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 2. С. 86-92. DOI: 10.21777/2500-2112-2017-2-86-92.
5. Development and evaluation of fully automated demand response in large facilities / M. Piette, O. Sezgen, D. Watson et al. // Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004.
6. Sezgen O., Goldman C.A., Krishnarao P. Option value of electricity demand response // Energy. 2007. Vol. 32. Is. 2. P. 108-119. DOI: 10.1016/j.energy.2006.03.024.
7. Methods for customer and demand response policies selection in new electricity markets / S. Valero, M. Ortiz, C. Senabre et al. // IET Generation, Transmission & Distribution. 2007. Vol. 1. Is. 1. P. 104-110. DOI: 10.1049/iet-gtd:20060183.
8. Nikolaev A.V., Vöth S., Kychkin A.V. Application of the cybernetic approach to price-dependent demand response for underground mining enterprise electricity consumption // Journal of Mining Institute. 2022. Vol. 261. P. 1-10. DOI: 10.31897/PMI.2022.33.
9. Factors defining value and direction of thermal pressure between the mine shafts and impact of the general mine natural draught on ventilation process of underground mining companies / A.V. Nikolaev, N.I. Alymenko, A.A. Kamenskikh et al. // IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 87. № 052020. P. 561-566. DOI: 10.2991/aime-17.2017.91.
10. Kychkin A., Nikolaev A. IoT-based Mine Ventilation Control System Architecture with Digital Twin / 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2020. № 9111995. 5 p. DOI: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9111995.
11. The results of air treatment process modeling at the location of the air curtain in the air suppliers and ventilation shafts / Nikolaev A., Alymenko N., Kamenskikh A. et al. // E3S Web of Conferences. 2017. Vol. 15. № 02004. 7 p. DOI: 10.1051/e3sconf/20171502004.
12. Факторы воздействия комбайна при добыче угля на увеличение метаноотдачи массива в рабочее пространство лавы / М.В. Павленко, М.П. Хайдина, Д.А. Кузиев и др. // Уголь. 2019. № 4. С. 8-11. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11.
13. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие России / А.И. Бедрицкий, А.А. Коршунов, Л.А. Хандожко и др. // Право и безопасность. 2007. № 1-2. С. 7-13.
14. Tsirkunov V., Ulatov S., Korshunov A. Assessment of economic efficiency of the National hydrometeorological system modernization project. World Bank Working Paper, 2004.
15. Kychkin A.V., Nikolaev A.V. Architecture of a Cyber-Physical System for the Mining Enterprise Ventilation Control Based on the Internet of Things Platform // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. 2021. Vol. 22. Is. 3. P. 115-123. DOI: 10.17587/mau.22.115-123.
16. Журавков М.А. Корпоративные автоматизированные системы сопряженного геомониторинга // Наука и инновации. Научно-практический журнал. 2009. № 4. С. 51-54.
17. Журавков М.А. Роль и место корпоративных автоматизированных систем сопряженного геомониторинга в основных технологических процессах современного горнодобывающего предприятия // Рудник будущего. Научно-технический журнал. 2010. № 3. С. 108-112.
18. Журавков М.А., Плескунов В.Н., Невельсон И.С. Перспективы и основные направления внедрения автоматизированных геомониторинговых систем в РУП ПО «Беларуськалий» // Современные информационные технологии при добыче полезных ископаемых: материалы науч. практ. семинара-совещания. Минск: Изд. центр БГУ, 2004. С. 17-31.
19. Zhuravkov M.A., Krupoderov A.V., Konovalov O.L. Study of the stress-strain state in the mined potassium massif with inclined bedding // Geomaterials. 2014. No 4. P. 1-10.
20. Corporation computer system of designing and geological-surveying support of mining works and its subsystem of geomechanical supporting and simulation / M.A. Zhuravkov, O.L. Konovalov, V.E. Zeytc et al. / Proceedings of XIII International Congress of ISM 2007. Budapest, Hungary, 24-28 September 2007. P. 13-19.

UNDERGROUND MINING*Original Paper*

UDC 622.831+502.604 © M.L. Zhuravkov, A.V. Nikolaev, A.V. Kychkin, A.A. Presnyakov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 55-62
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-55-62>

Title

RESEARCH OF THE DIGITAL TRANSFORMATION TOOLS FOR THE UNDERGROUND MINING ENTERPRISES FROM AN ELECTRICITY DEMAND RESPONSE PERSPECTIVE

Authors

Zhuravkov M.L.¹, Nikolaev A.V.², Kychkin A.V.³, Presnyakov A.A.²

¹ Belarusian State University, Minsk, 220030, Republic of Belarus

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russian Federation

³ National Research University Higher School of Economics, Branch In Perm, Perm, 614070, Russian Federation

Authors information

Zhuravkov M.L., Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor, Head of Theoretical and Applied Mechanics Department, e-mail: zhuravkov@bsu.by

Nikolaev A.V., Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Mining Electromechanics Department, e-mail: nikolaev0811@mail.ru

Kychkin, A.V., PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Scientific and Educational Laboratory, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com

Presnyakov A.A., Student of the Mining Electromechanics Department, e-mail: arseny8950@gmail.com

Abstract

This paper presents the experience of research and development of digital technologies to improve the efficiency of underground mining enterprise (UMAE) in the aspect of ventilation system energy demand management tasks. Typical digital transformation tools on the example of the automated corporate system of regional geomechanical monitoring (GRM) are presented. Functional and algorithmic possibilities of the mining and geological information system (GIS) built in the SRMS are shown. Examples of problem realisation in the subsystems of geological – mine-surveyor accompaniment of mining works; CAD of mining works; intellectual system of analysis, interpretation and processing of primary information from GIS; an example of operation of the «self-correcting» system for computing shifts and deformations of the surface in new mining-geological and mining-technical conditions is given. It is shown how a set of digital twins of objects and processes of the PGDP ventilation system, when integrated into the GIS, can be used for dynamic energy resource management.

Keywords

Electricity demand response, Digital transformations, Underground mining, Short-term load forecasting, Digital twin.

References

- Russell S. & Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Moscow, Williams Publ., 2016, 1408 p. (In Russ.).
- Levin B.A., Piskunov A.A., Polyakov V.Yu. & Savin A.V. Artificial Intelligence in engineering education. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2022, Vol. 31, (7), pp. 79-95. (In Russ.).
- Ryabko T.V., Gurtov V.A. & Stepus I.S. Analysis of indicators of personnel training for artificial intelligence based on monitoring results of universities. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2022, Vol. 31, (7), pp. 9-24. (In Russ.).
- Kudzh S.A. & Tsvetkov V.Ya. Network-centred control and cyber-physical systems. *Obrazovatel'nye resursy i tehnologii*, 2017, (2), pp. 86-92. (In Russ.). DOI: 10.21777/2500-2112-2017-2-86-92.
- Piette M., Sezgen O., Watson D. et al. Development and evaluation of fully automated demand response in large facilities. *Lawrence Berkeley National Laboratory*, 2004.
- Sezgen O., Goldman C.A. & Krishnarao P. Option value of electricity demand response. *Energy*, 2007, Vol. 32, (2), pp. 108-119. DOI: 10.1016/j.energy.2006.03.024.
- Valero S., Ortiz M., Senabre C. et al. Methods for customer and demand response policies selection in new electricity markets. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2007, Vol. 1, (1), pp. 104-110. DOI: 10.1049/iet-gtd:20060183.
- Nikolaev A.V., Vöth S. & Kychkin A.V. Application of the cybernetic approach to price-dependent demand response for underground mining enterprise electricity consumption. *Journal of Mining Institute*, 2022, (261), pp. 1-10. DOI: 10.31897/PMI.2022.33.
- Nikolaev A.V., Alymenko N.I., Kamenskikh A.A. et al. Factors defining value and direction of thermal pressure between the mine shafts and impact of the general mine natural draught on ventilation process of underground mining companies. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science, 2017, Vol. 87, (052020), pp. 561-566. DOI: 10.2991/aime-17.2017.91.
- Kychkin A. & Nikolaev A. IoT-based Mine Ventilation Control System Architecture with Digital Twin. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2020, (9111995), 5 p. DOI: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9111995.
- Nikolaev A., Alymenko N., Kamenskikh A. & Nikolaev V. The results of air treatment process modeling at the location of the air curtain in the air suppliers and ventilation shafts. *E3S Web of Conferences*, 2017, Vol. 15, (02004), 7 p. DOI: 10.1051/e3sconf/20171502004.
- Pavlenko M.V., Khaidina M.P., Kuziev D.A., Pihorinskiy D. & Muratov A.Z. Impacts of the combine harvester in the production of coal to increase methane recovery array in the workspace lava. *Ugol*, 2019, (4), pp. 8-11. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11.
- Bedritsky A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A. & Shaimardanov M.Z. Hydrometeorological Security and Sustainable Development of Russia. *Pravo i bezopasnost'*, 2007, (1-2), pp. 7-13. (In Russ.).
- Tsirkunov V., Ulatov S. & Korshunov A. Assessment of economic efficiency of the National hydrometeorological system modernization project. World Bank Working Paper, 2004.
- Kychkin A.V. & Nikolaev A.V. Architecture of a Cyber-Physical System for the Mining Enterprise Ventilation Control Based on the Internet of Things Platform. *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2021, Vol. 22, (3), pp. 115-123. DOI: 10.17587/mau.22.115-123.
- Zhuravkov M.A. Corporate automated systems for combined geomonitring. *Nauka i innovatsii*, 2009, (4), pp. 51-54. (In Russ.).
- Zhuravkov M.A. The role and place of corporate automated systems for combined geomonitring in the main technological processes of a present-day mining company. *Rudnik buduschego*, 2010, (3), pp. 108-112. (In Russ.).
- Zhuravkov M.A., Pleskunov V.N. & Nevelson I.S. Prospects and main trends in introduction of automated geomonitring systems at Belaruskali. Modern Information Technologies in Mining: Proceedings of the scientific seminar-meeting, Minsk, BGU Publ., 2004, pp. 17-31. (In Russ.).
- Zhuravkov M.A., Krupoderov A.V. & Konovalov O.L. Study of the stress-strain state in the mined potassium massif with inclined bedding. *Geomaterials*, 2014, (4), pp. 1-10.
- Zhuravkov M.A., Konovalov O.L., Zeytc V.E. & Slavashovich S.I. Corporation computer system of designing and geological-surveying support of mining works and its subsystem of geomechanical supporting and simulation. Proceedings of XIII International Congress of ISM 2007. Budapest, Hungary, 24-28 September 2007, pp. 13-19.

Acknowledgements

The study was carried out with the financial support of the Government of the Perm Territory within the framework of the International Research Group "Development of a digital model for forecasting and price-dependent demand response for electricity consumed by the underground mining enterprises" project, 2020 (agreement N C 26/506 dated 09.03.2021.)

For citation

Zhuravkov M.L., Nikolaev A.V., Kychkin A.V. & Presnyakov A.A. Research of the digital transformation tools for the underground mining enterprises from an electricity demand response perspective. *Ugol*, 2023, (9), pp. 55-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-55-62.

Paper info

Received March 14, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Технологии полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом: тенденции и перспективы*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-63-69>

В статье приводится анализ мировых трендов патентования в области технологий полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом, проведенный на глубину 10 лет. Авторами показано, что с помощью методов патентной аналитики можно проводить анализ рынка предметной области, определять цели и выстраивать стратегию для практической реализации использования инновационных разработок как на уровне отдельной компании, так и на уровне отрасли в целом.

Ключевые слова: патентная аналитика, патентный ландшафт, патентная стратегия, угольные предприятия, добыча угля, очистка сточных вод.

Для цитирования: Михайлова Е.С., Иванова Л.А. Технологии полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом: тенденции и перспективы // Уголь. 2023. № 9. С. 63-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-63-69.

МИХАЙЛОВА Е.С.

Канд. хим. наук,
начальник управления по реализации
КНТП КемГУ,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: e_s_mihaylova@mail.ru

ИВАНОВА Л.А.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры
техносферной безопасности
КемГУ,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: lyuda_ivan@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Действующие очистные сооружения на угледобывающих предприятиях, работающих открытым способом, соответствуют требованиям базовой очистки сточных вод, регламентируемых в НДТ № 15 ИТС-37 – 2017 «Добыча и обогащение угля» и включают в себя систему, состоящую из отстойников и фильтрующих дамб. Однако эффективность очистки от растворенных соединений традиционными технологиями недостаточна. Результаты проведенного мониторинга сточных вод угольных разрезов установили, что приоритетными загрязнителями, ПДК для вод рыбохозяйственного назначения которых превышает установленные значения, являются: аммоний-, нитрат-, нитрит- сульфат- и хлорид-ионы [1].

Выявление перспективных направлений развития технических (технологических) решений в области очистки карьерных и поверхностных сточных вод предприятий открытой угледобычи предлагается осуществлять с помощью патентного анализа [2]. Перспективность и достоверность этого метода объясняются свойством патентной информации опережать по времени практическую реализацию научно-технических достижений [3]. Эффективность патентного анализа подкрепляется по-

* Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. № 1144-р, № соглашения 075-15-2022-1201 от 30.09.2022 г., при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

стоянным увеличением количества подаваемых заявок и регистрируемых патентов практически во всех патентных ведомствах мира [4]. Одним из известных подходов к патентному анализу является использование баз данных патентов на основе Международной патентной классификации (МПК), которая позволяет осуществлять эффективный поиск и классификацию любого технического решения [2]. Анализ временных рядов выданных патентов позволяет дать оценку тренда развития конкретной технической (технологической) области [5].

При проведении исследования использована методология ФИПС по проектированию и разработке отраслевых патентных ландшафтов с разной степенью детализации и разной отраслевой направленности, основанная на методиках ВОИС, а также на «Методических рекомендациях по подготовке отчетов о патентном обзоре (патентный ландшафт)», утвержденных приказом Роспатента № 8 от 23.01.2017 [2].

Целью данной статьи является применение методологии патентного анализа для выявления тенденций и перспектив развития технологий полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом. Для достижения поставленной цели в статье представлены результаты формирования патентной коллекции и статистического анализа патентной информации, в том числе технологической информации, получаемой из полных текстов патентных документов.

В качестве предметной области данного исследования выбраны технологии очистки сточных вод от конкретных загрязнителей: сульфатов, хлоридов и нитратов; методы очистки карьерных сточных вод, включающие в себя биологическую и физико-химическую очистку.

Сбор патентной информации был проведен с использованием широкого набора инструментальных средств систем ФИПС (включая систему профессионального патентного поиска PatSearch), и систем патентной аналитики ведущих зарубежных поставщиков (LexisNexis PatentSight, Questel Orbit Platinum Edition и др.). Такой широкий набор инструментальных средств обеспечивает патентный ландшафт наиболее полным набором аналитических представлений, характеризующих разнообразные аспекты развития перспективных технологий, продуктов и услуг в отношении рассматриваемой предметной области [6, 7, 8, 9, 10].

В рамках проведенной патентной аналитики были применены следующие виды анализа: анализ патентных семейств; временной анализ; анализ правообладателей; географический анализ; анализ цитирования; классификация; анализ правовых статусов; анализ формул патентных документов [11].

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Очистка сточных вод предприятий по добыче угля представляет из себя комплексный процесс и требует выбора способов реализации. Данное основание включает в себя патентные семейства, которые описывают решение задач конкретных проблемных областей. Для модели предметной области представлены следующие проблемы:

- высокая начальная концентрация загрязнений;
- большой объем сточных вод;
- утилизация отходов очистки.

Проблема высокой начальной концентрации загрязнителей позволяет выделить технологии, направленные на очистку воды с аномально-высоким содержанием определенных загрязняющих элементов. Очистка таких сточных вод требует особенных технологий, в частности, гибридных способов и методов многоэтапной, циклической очистки.

Проблема большого объема сточных вод объединяет технологии, направленные на очистку значительных объемов воды. Объем сточных вод может зависеть от размеров карьера, геологических и природных условий. Для методов очистки сточных вод предприятий по добыче полезных ископаемых характерен значительный объем сточных вод в сравнении с другими отраслями промышленности.

Проблемная область утилизации отходов очистки относится ко всем применяемым технологиям. Полученные в результате очистки сточных вод отходы подлежат утилизации, при этом такие отходы могут содержать ценные компоненты, представляющие экономическую ценность при их извлечении.

Анализ трендов патентования в рассматриваемой предметной области позволяет выявить динамику развития предметной области, сопоставить разные периоды времени для оценки нарастания (снижения) числа технических решений и исследовать области применения продукции на основе анализа кодов Международной патентной классификации (МПК) [12,13].

Для выполнения поставленной цели в рамках проведенного патентного исследования был проанализирован массив патентной документации в тематической области «Технологии полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом» с датой подачи заявки начиная с 2012 г., состоящий из 977 патентных публикаций, которые объединены в 276 семейств. Рассматриваемый массив публикаций включает в себя 621 заявку, 261 патент на изобретения и 20 патентов на полезные модели, а также прочие патентные документы, в том числе переводы и др.

Для разработки стратегии патентного поиска использована представленная на *рис. 1* модель предметной области.

Разработанная стратегия заключается в формировании закрытого массива патентных данных с использованием общего генерализованного запроса для определения широкого диапазона документов тематической области [14,15]. Категоризация патентных документов по основаниям и элементам модели производится с помощью уточняющих запросов в рамках генерализованного запроса [16]. Такой подход от общего к частному исключает бесконтрольное расширение массива документов. Применение уточняющих запросов без ограничений для последующего расширения поискового поля может привести к неконсистентности данных, так как большинство из элементов модели и их комбинаций относится не только к патентным документам в области технологий полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий

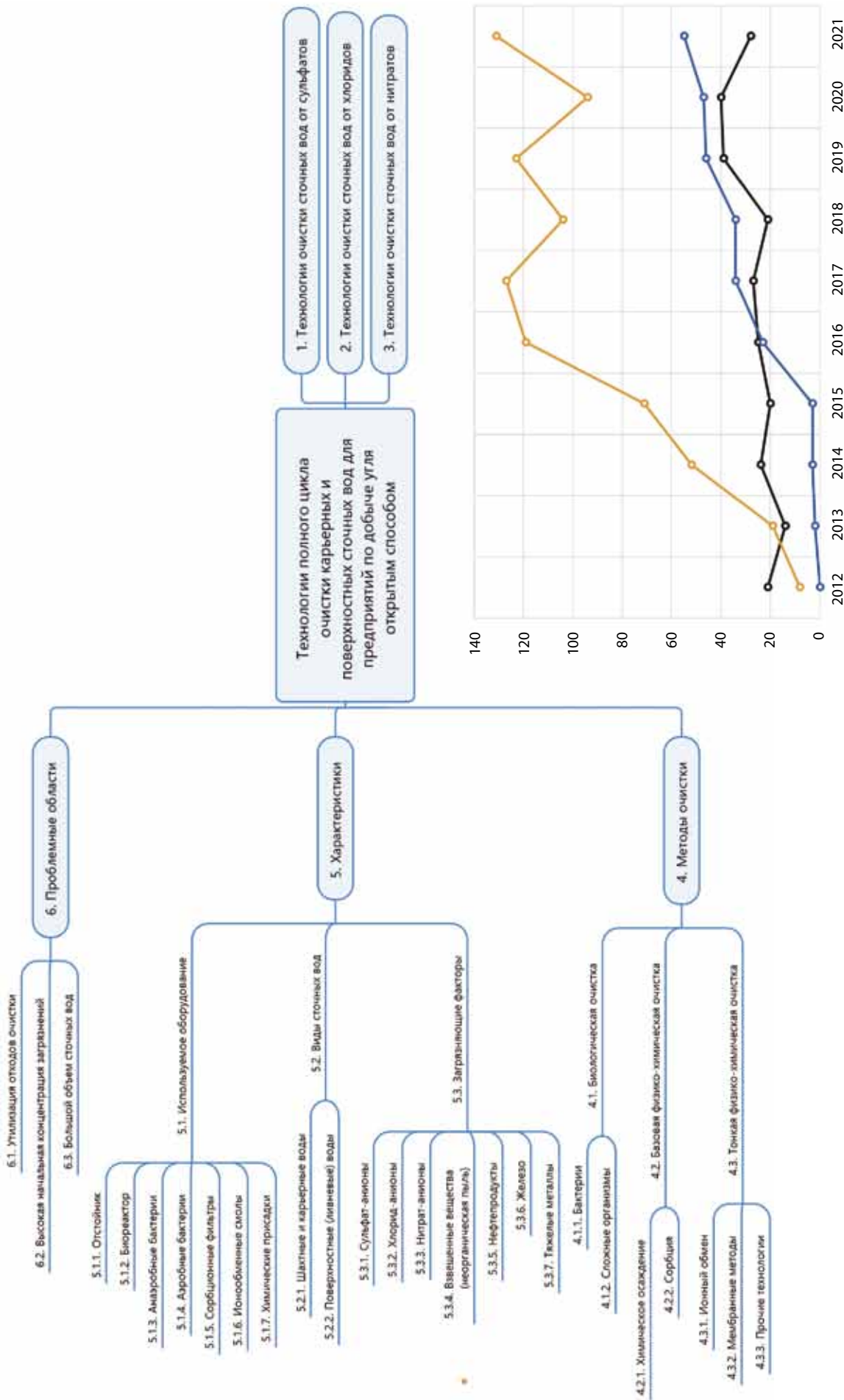


Рис. 1. Модель предметной области «Технологии полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом»

Fig. 1. Model of the subject area "Technologies of full-cycle treatment of pit and surface wastewater for open-pit coal mining operations"

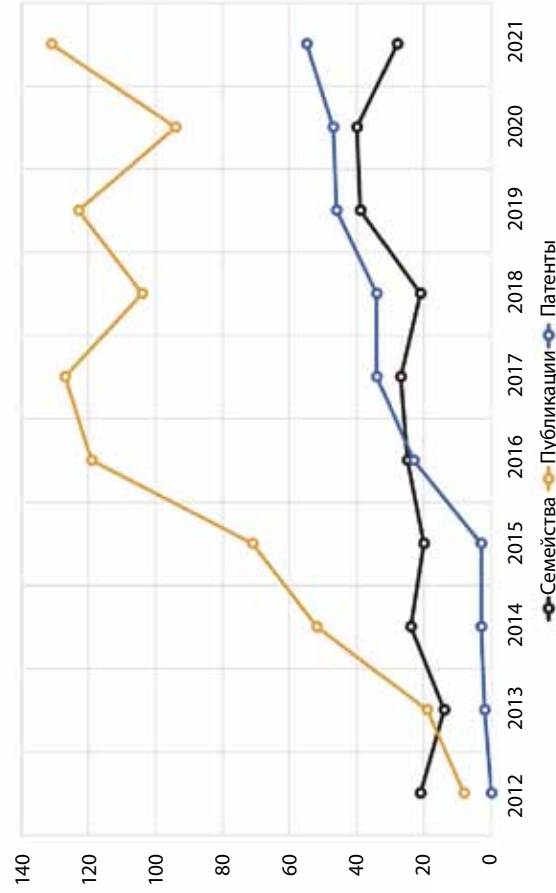


Рис. 2. Общая динамика изобретательской активности и соотношение динамики патентных семейств и выдачи патентов

Fig. 2. General dynamics of inventive activities and correlation between the dynamics of patent families and patent granting

по добыче угля открытым способом, но и к патентным документам за пределами рассматриваемых областей [17].

Динамика изобретательской активности и количество выданных патентов по тематике исследования приведены на *рис. 2*.

Из анализа данных следует, что с 2012 по 2016 год наблюдается значительный рост числа публикаций. Так, в данный период число публикаций выросло более чем в 10 раз. При этом после 2016 г. наблюдается достижение плато, и число публикаций остается на постоянном уровне.

С 2019 г. наблюдается рост числа семейств, это связано с увеличением активности патентования в Китае. Только с 2016 г. наблюдается рост числа полученных патентов, при этом рост числа публикаций наблюдается с 2013 г., что косвенно говорит о достаточно большом сроке между первой публикацией и получением патента в рассматриваемой области.

После 2016 г. число патентов превалирует над числом семейств, а также наблюдается прекращение роста числа публикаций. Эти факторы могут указывать на зрелость предметной области

Методология ФИПС предполагает анализ патентных семейств по набору индикаторов зрелости, характеризующих завершенность циклов правовой охраны объектов техники [18,19].

Обладателем наиболее «сильного» патента является японский конгломерат Mitsubishi, подразделение Mitsubishi Heavy Industries. Семейство, к которому относится патент с номером публикации EP3006409, насчитывает наибольшее число публикаций в коллекции – 89. Изобретение называется «Water treatment method» (Метод очистки воды). Высокие показатели универсальности (0,88) и оригинальности (0,82) свидетельствуют о том, что техническое решение, охраняемое данным патентом, на момент подачи заявки было инновационным и послужило основой для новых разработок из широкого диапазона областей применения. Индекс универсальности рассчитывается исходя из рубрик МПК, к которым относится данное семейство, чем более разнообразные рубрики – тем больше показатель универсальности. Следует отметить, что шестой по индексу «силы» патентный документ тоже принадлежит Mitsubishi Group, однако принадлежит другой дочерней компании – Mitsubishi Materials. Патент по заявке с номером EP3733613 на момент формирования отчета не получен, однако в семействе уже есть два патента в юрисдикциях США и Японии.

Патентное семейство американской компании Aquatech International с номером базовой публикации EP3286140 занимает второе место в рейтинге по индексу силы за счет широкого географического охвата и высокого индекса универсальности (0,88).

Патентное семейство финской компании UPM Kymmene обладает достаточно широким географическим охватом, а также высоким уровнем цитируемости и оригинальности. При этом показатель универсальности составляет всего 0,58, что говорит о высокой спецификации разработки.

В рейтинге по индексу силы находятся сразу два патентных семейства французской компании Veolia Envi-

ronnement с номерами базовых публикаций US9475712 и US10040709, обе публикации имеют достаточно высокую оригинальность и уровень цитирования [20,21].

На десятом месте в рейтинге находится семейство компании Prochemtech International, особенностью данной публикации является большое количество цитирований – 52, при среднем значении порядка 10, это объясняется тем, что семейство патентует техническое решение, связанное с областью добычи газа. Данное семейство содержит всего два патента, оба из которых зарегистрированы на территории США.

В течение длительного периода сохранялась тенденция, при которой китайские технические решения не могли получить распространения на международном рынке в силу особенностей национальной экспертизы (они не могли пройти экспертизу в других ведомствах). В настоящее время наблюдаются изменения в области качества китайских патентных документов, однако территориальное расширение правовой охраны все еще незначительно. Часто это связано с нежеланием компаний выводить свои разработки на зарубежные рынки, поскольку они предназначены для использования на местной инфраструктуре и разработаны с учетом ее специфики. Эти факторы обуславливают преобладание в коллекции семейств с малым числом публикаций. На сегодняшний день наибольшая концентрация патентных публикаций сосредоточена именно в Китае. Заявителям из данного региона свойственно патентование только на локальном рынке [23].

На *рис. 3* представлено число приоритетов в процентном соотношении по странам и отмечены страны-лидеры по этому показателю. Единицей анализа в данном случае выступает патентное семейство.

Распределение патентной коллекции характеризуется доминированием разработок из Китая, доля которых составляет 58%. Такая большая доля патентов китайских заявителей является следствием проводимой в Китае по-

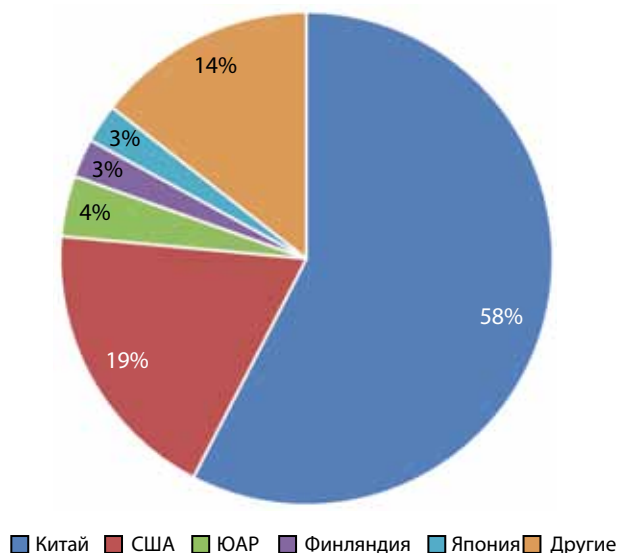


Рис. 3. Страны-лидеры по исследованиям и разработкам в процентном соотношении

Fig. 3. Leading countries in research and development in percentage ratio

литики активного патентования, при этом большая часть китайских патентов имеет крайне низкий показатель оригинальности, а уровень анализа патентов при их публикации в китайском патентном ведомстве достаточно низкий. Эти факторы приводят к тому, что доля сильных базовых технических разработок в Китае значительно меньше, чем в других регионах [24, 25].

Доля изобретений из США, ЮАР, Финляндии и Японии в коллекции составляет 19%, 4%, 3% и 3% соответственно. Доля остальных юрисдикций составляет 14%, к ним относятся публикации в Корее, Индии, Европейском патентном ведомстве

В российском патентном ведомстве зарегистрированы два патентных семейства, одно из которых принадлежит российскому заявителю – Пермскому политехническому университету. Другое же семейство принадлежит американской компании Ecolab и раскрывает использование реагентов, содержащих алюминий. Также четыре патентных семейства были зарегистрированы в Евразийской патентной организации (ЕАПО), все они распространяют свое действие на территорию Российской Федерации. На территории России представлено небольшое количество семейств, однако все патенты, принадлежащие компаниям, являются действующими, что говорит о наличии интереса к российскому рынку у отдельных заявителей с конкретными решениями.

Ниже представлена динамика регистрации заявок по годам (рис. 4), раскрывающих методы удаления таких приоритетных загрязнителей карьерных сточных вод, как сульфат-, нитрат- и хлорид-анионы из сточных вод.

Следующая тепловая карта представляет распределение элементов оснований 1–3 по странам первого приоритета (рис. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам патентного анализа технологии полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом была выявлена тенденция роста патентной активности, что позволяет говорить об актуальности и перспективности данной тематики. Новые технические решения выявлены на протяжении всего анализируемого периода времени, при этом с 2019 г. число новых патентных семейств возрастает, что может указывать на повышение интереса к развитию технологий в данной области.

Проведенный анализ стратегий и географии патентования позволил выявить два ярко выраженных подхода: локальный, при котором патентование технологий ориентировано преимущественно на внутренний рынок, такой подход свойствен Китаю и России, и глобальный, характеризующийся широким географическим охватом охраны прав интеллектуальной собственности – японский подход. С точки зрения количества зарегистрированных патентов Китай значительно опережает по патентной активности все остальные страны, но в списке наиболее сильных патентных семейств, отобранных в рамках проведенного исследования в патентную коллекцию, не оказалось ни одного китайского.

Большинство запатентованных методов очистки сточных вод основано на принципах конгломерации загрязняющих веществ, извлечения их из потока и последующей их переработки.

Выявлено, что с течением времени изменяется технологическая направленность решений, которую характеризуют присвоенные патентным документам рубрики МПК. Наиболее ранние патентные документы отмечены рубриками, относящимися к определенным методам очистки,

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Основание 1. Технологии очистки сточных вод от сульфатов	19	11	23	17	22	22	19	35	35	22
Основание 2. Технологии очистки сточных вод от хлоридов	1	1	3	3	6	6	4	3	9	8
Основание 3. Технологии очистки сточных вод от нитратов	5	7	8	6	9	9	4	7	9	5

Рис. 4. Распределение элементов оснований по годам приоритета

Fig. 4. Distribution of base elements by year of priority

	Китай	США	ЮАР	Финляндия	Япония	Индия	Корея	ВОИС	Австралия	ЕПВ	Франция	Великобритания	Чили	Германия	Канада	Испания	Бразилия	Италия	Россия	Нидерланды	Швеция	Израиль
Основание 1. Технологии очистки сточных вод от сульфатов	141	43	11	7	6	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1		
Основание 2. Технологии очистки сточных вод от хлоридов	31	9	2		1	1					2											1
Основание 3. Технологии очистки сточных вод от нитратов	30	27	2	2	2	1	2	1		1	1				2	1		1			1	1

Рис. 5. Распределение элементов оснований по странам приоритета

Fig. 5. Distribution of base elements by country of priority

например, раскрывающим физико-химическую и биологическую очистку воды. А среди патентных заявок, поданных за последние пять лет, возрастает количество технических решений, раскрывающих многоступенчатую обработку воды с применением нескольких методов очистки.

Таким образом, область технологий полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом сохраняет актуальность и продолжает развиваться. При выборе направления НИОКР в данной области следует учитывать активность зарубежных разработчиков, в частности, из Китая, а также смещение технологической направленности разработок в сторону многоступенчатых методов очистки сточных вод.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что патентная информация крайне информативна и позволяет: определять изменения и стратегические направления исследований в рамках конкретных тематик, определять компании и регионы-лидеры, выявлять и оценивать новые перспективные технологии и технические решения.

Список литературы

1. Оценка эффективности очистки сточных вод угледобывающего предприятия и ее влияние на загрязнение малых рек / Л.А. Иванова, Н.С. Голубева, И.В. Тимошук и др. // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 1. С. 60-65. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.
2. Новые угольные технологии: тенденции и перспективы / С.М. Никитенко, Е.В. Гоосен, М.К. Королев и др. // Уголь. 2022. № S12. С. 4-10. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-4-10.
3. Королева Е.В., Попов Н.В. О методических рекомендациях по подготовке отчетов о патентных ландшафтах // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. 2016. № 8. С. 20-25.
4. Ильина И.Е., Агамирова Е.В., Лапочкина В.В. Технологический атлас патентной специализации как инструмент мониторинга развивающихся технологических направлений // Наука. Инновации. Образование. 2019. Т. 14. № 1. С. 8-41. DOI: 10.33873/1996-9953.2019.14-1-8-41.
5. Звягина М.В. Применение патентных ландшафтов в интересах определения и актуализации научно-технологических приоритетов // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. 2016. № 5. С. 88-95.
6. Orbit Intelligence // Questel. [Электронный ресурс]. [Патентная база данных]. URL: <https://www.orbit.com> (дата обращения: 15.08.2023).
7. Technology Forecasting via Published Patent Applications and Patent Grants / Dar-Zen Chen, Chang-Pin Lin, Mu-Hsuan Huang et al. // Journal of Marine Science and Technology. 2012. Vol. 20. No 4. P. 345-356.
8. Global IP Filings Continue to Grow, China Tops Global Patent Filings. 2012. [Электронный ресурс]. URL: http://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2012/article_0025.html (дата обращения: 15.08.2023).
9. Lacasa I.D., Giebler A., Radošević S. Technological capabilities in Central and Eastern Europe: an analysis based on priority patents // Scientometrics. 2017. Vol. 111. No 1. P. 83-102. DOI: 10.1007/s11192-017-2277-2.
10. Noh H., Jo Ye., Lee S. Keyword selection and processing strategy for applying text mining to patent analysis // Expert Systems with Applications. 2015. Vol. 42. P. 4348-4360.
11. The Reporting Items for Patent Landscape statement / James A. Smith, Zeeshaan Arshad, Anthony Trippe et al. // Nature biotechnology. 2018. Vol. 36-11. P. 1043-1047.
12. Ильина С.А. Патентная активность отечественных и иностранных заявителей как индикатор научно-технологического развития России: анализ актуальной статистики // Мир новой экономики. 2019. Т. 13. № 4. С. 31-40. DOI: 10.26794/2220-6469-2019-13-4-31-40.
13. Анализ технологических трендов на основе построения патентных ландшафтов / С.В. Кортов, Д.Б. Шульгин, Д.Е. Толмачев и др. // Экономика региона. 2017. Т. 13. Вып. 3. С. 935-947. DOI: <https://doi.org/10.17059/2017-3-24.14>. Кашеварова Н.А., Андреева А.А., Пономарева Е.И. Цифровые инструменты патентных исследований // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 2. С. 1059-1074. DOI: 10.18334/vinec.10.2.100816.
15. Ена О.В., Попов Н.В. Методология разработки патентных ландшафтов проектного офиса ФИПС // Станкоинструмент. 2019. № 1. С. 28-35.
16. Тевелева О.В. Патенты как сигналы // Цифровая экономика. 2020. № 4(12). С. 23-33. DOI: 10.34706/DE-2020-04-04.
17. Генин Б.Л., Золкин Д.С., Зеленов А.В. Анализ патентной статистики по поступившим и поданным заявкам // Патенты и лицензии. Интеллектуальные права. 2019. № 10. С. 30-35.
18. Котлов Д.В. Патентный ландшафт как средство поиска перспективных разработок в России и за рубежом // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. 2016. № 5. С. 43-48.
19. Шведова В., Иванов Ф. Актуализация ГОСТ Р 15.011-96 «СРПП. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения» // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. 2020. № 1. С. 23-32.
20. Patent US 9,475,712 B2 United States Patent. Process for recovering sulfate and chloride salts from wastewater, mixed salts, and brines: № US9475712. Date of Patent: Oct. 25, 2016. Benjamin S. Mack, Chicago, Timothy J. Rittorf, West Chicago, IL (US); Applicant: Veolia water technologies, INC, Moon Township, PA (US).
21. Patent US 910,040,709 B2 United States Patent. Process for reducing the sulfate concentration in a wastewater stream by employing regenerated gibbsite: № US10040709. Date of Patent: Aug. 7, 2018, Kashi Banerjee, Moon Township, PA (US); Charles D. Blumenschein, Pittsburgh, PA (US); John Charles Schrader, Pittsburgh, PA (US); Robert G. Cook, Montgomery, TX (US); Applicant: Veolia Water Solutions & Technologies Support, Saint – Maurice (FR).
22. Patent CA2945575A1 Canadian Patent. Ion exchange process: № CA2945575A1. Date of Patent: 15-04-2015 / French, John Arthur Bewsey; Applicant: Trailblazer Tech.
23. Trippe A. Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports // WIPO. 2015. [Электронный ресурс]. URL: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_946.pdf (дата обращения: 15.08.2023).
24. Патент CN110734168 Китай «Способ и система для обработки высококонцентрированного раствора» («Method and system for treating high-concentration brine»), дата публикации: 31.01.2020, дата первого приоритета: 18.12.2019; Заявитель: Yantai Jinzheng Eco Tech Co Ltd.
25. Byungun Yoon, Christopher L. Magee. Exploring technology opportunities by visualizing patent information based on generative topographic mapping and link prediction // Technological Forecasting & Social Change. 2018. Vol. 132. P. 105-117.

Original Paper

UDC 622.271:622.793.5 © E.S. Mikhaylova, L.A. Ivanova, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 63-69
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-63-69>

Title**TECHNOLOGIES OF FULL-CYCLE TREATMENT OF PIT AND SURFACE WASTEWATER FOR OPEN-PIT COAL MINING OPERATIONS: TRENDS AND PROSPECTS****Authors**Mikhaylova E.S.¹, Ivanova L.A.¹¹ Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation**Authors Information**

Mikhaylova E.S., PhD (Chemistry), Head of the Department for the Implementation of a CSTP, e-mail: e_s_mihaylova@mail.ru
Ivanova L.A., PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Technosphere Safety, e-mail: lyuda_ivan@mail.ru

Abstract

The article analyzes global trends in patenting in the field of full-cycle treatment technologies of pit and surface wastewater for open-pit coal mining operations for a period of 10 years. The authors demonstrate that the patent analytics methods can be used to analyze the market of the subject area, define objectives and build a strategy for the practical implementation of innovative developments both at the level of an individual company and at the level of the industry as a whole.

Keywords

Patent analytics, Patent landscape, Patent strategy, Coal companies, Coal mining, Wastewater treatment.

References

- Ivanova L.A., Golubeva N.S., Timoshchuk I.V. et al. Evaluation of the efficiency of wastewater treatment of a coal mining enterprise and its impact on the pollution of small rivers. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2023, Vol. 27, (1), pp. 60-65. (In Russ.). DOI: [10.18412/1816-0395-2023-1-60-65](https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-1-60-65).
- Nikitenko S.M., Goosen E.V., Korolev M.K., Mesyats M.A., Fedulova E.A. & Kononova S.A. New coal technologies: trends and prospects. *Ugol'*, 2022, (S12), pp. 4-10. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2022-S12-4-10](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-S12-4-10).
- Koroleva E.V. & Popov N.V. On methodological recommendations for preparation of reports on patent landscapes. *Intellektual'naya sobstvennost'. Promyshlennaya sobstvennost'*, 2016, (8), pp. 20-25. (In Russ.).
- Ilyina I.E., Agamirova E.V. & Lapochkina V.V. Patent specialization atlas as a tool for the monitoring of promising technological areas. *Nauka. Innovatsii. Obrazovanie*, 2019, Vol. 14, (1), pp. 8-41. (In Russ.). DOI: [10.33873/1996-9953.2019.14-1-8-41](https://doi.org/10.33873/1996-9953.2019.14-1-8-41).
- Zvyagina M.V. Application of patent landscapes in order to identify and actualize scientific and technological priorities. *Intellektual'naya sobstvennost'. Promyshlennaya sobstvennost'*, 2016, (5), pp. 88-95. (In Russ.).
- Orbit Intelligence. *Questel*. [Electronic resource]. [Patent database]. Available at: <https://www.orbit.com> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
- Dar-Zen Chen, Chang-Pin Lin, Mu-Hsuan Huang et al. Technology Forecasting via Published Patent Applications and Patent Grants. *Journal of Marine Science and Technology*, 2012, Vol. 20, (4), pp. 345-356.
- Global IP Filings Continue to Grow, China Tops Global Patent Filings, 2012. [Electronic resource]. Available at: http://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2012/article_0025.html (accessed 15.08.2023).
- Lacasa I.D., Giebler A. & Radošević S. Technological capabilities in Central and Eastern Europe: an analysis based on priority patents. *Scientometrics*, 2017, Vol. 111, (1), pp. 83-102. DOI: [10.1007/s11192-017-2277-2](https://doi.org/10.1007/s11192-017-2277-2).
- Noh H., Jo Ye. & Lee S. Keyword selection and processing strategy for applying text mining to patent analysis. *Expert Systems with Applications*, 2015, (42), pp. 4348-4360.
- James A. Smith, Zeeshaan Arshad, Anthony Trippe et al. The Reporting Items for Patent Landscape statement. *Nature biotechnology*, 2018, (36-11), pp. 1043-1047.
- Irina S.A. Patent activity of domestic and foreign applicants as an indicator of scientific and technological development of Russia: an analysis of current statistics. *Mir novej ekonomiki*, 2019, Vol. 13, (4), pp. 31-40. (In Russ.). DOI: [10.26794/2220-6469-2019-13-4-31-40](https://doi.org/10.26794/2220-6469-2019-13-4-31-40).
- Kortov S.V., Shulgin D.B., Tolmachev D.E. et al. Technology trends analysis using patent landscaping. *Ekonomika regiona*, 2017, Vol. 13, (3), pp. 935-947. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17059/2017-3-24>.

- Kashevarova N.A., Andreeva A.A. & Ponomareva E.I. Digital tools for patent researches. *Voprosy ekonomiki*, 2020, Vol. 10, (2), pp. 1059-1074. (In Russ.). DOI: [10.18334/vinec.10.2.100816](https://doi.org/10.18334/vinec.10.2.100816).
- Yena O.V. & Popov N.V. Methodology of designing patent landscapes of the FIPS Project Office. *Stankoinstrument*, 2019, (1), pp. 28-35. (In Russ.).
- Teveleva O.V. Patents as signals. *Tsifrovaya ekonomika*, 2020, (4), pp. 23-33. (In Russ.). DOI: [10.34706/DE-2020-04-04](https://doi.org/10.34706/DE-2020-04-04).
- Genin B.L., Zolkin D.S. & Zelenov A.V. Analysis of patent statistics on received and filed applications. *Patenty i licenzii. Intellektual'nye prava*, 2019, (10), pp. 30-35. (In Russ.).
- Kotlov D.V. Patent landscape as a means of searching for promising developments in the Russian Federation and abroad. *Intellektual'naya sobstvennost'. Promyshlennaya sobstvennost'*, 2016, (5), pp. 43-48. (In Russ.).
- Shvedova V. & Ivanov F. System of products development and launching into manufacture. Patent investigations. Procedure and scope. *Intellektual'naya sobstvennost'. Promyshlennaya sobstvennost'*, 2020, (1), pp. 23-32. (In Russ.).
- Patent US 9,475,712 B2 United States Patent. Process for recovering sulfate and chloride salts from wastewater, mixed salts, and brines: № US9475712. Date of Patent: Oct. 25, 2016. Benjamin S. Mack, Chicago, Timothy J. Rittorf, West Chicago, IL (US); Applicant: Veolia water technologies, INC, Moon Township, PA (US).
- Patent US 910,040,709 B2 United States Patent. Process for reducing the sulfate concentration in a wastewater stream by employing regenerated gibbsite: № US10040709. Date of Patent: Aug. 7, 2018, Kashi Banerjee, Moon Township, PA (US); Charles D. Blumenschein, Pittsburgh, PA (US); John Charles Schrader, Pittsburgh, PA (US); Robert G. Cook, Montgomery, TX (US); Applicant: Veolia Water Solutions & Technologies Support, Saint – Maurice (FR).
- Patent CA2945575A Canadian Patent t. Ion exchange process: № CA2945575A1. Date of Patent: 15-04-2015. French, John Arthur Bewsey: Applicant: Trailblazer Tech.
- Trippe A. Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports. *WIPO*, 2015. [Electronic resource]. Available at: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_946.pdf (accessed 15.08.2023).
- Yantai Jinzheng Eco Tech Co Ltd. Method and system for treating high-concentration brine. Pat. CN110734168, publ. 31.01.2020, first priority date: 18.12.2019.
- Byungun Yoon & Christopher L. Magee. Exploring technology opportunities by visualizing patent information based on generative topographic mapping and link prediction. *Technological Forecasting & Social Change*, 2018, (132), pp. 105-117.

Acknowledgements

The research was carried out within the framework of a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle "Development and implementation of a complex of technologies in the fields of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials with a consistent reduction of the environmental burden on the environment and risks to the life of the population", approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 05/11/2022, No. 1144-r, Agreement No. 075-15-2022-1201 dated 30.09.2022, with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

For citation

Mikhaylova E.S. & Ivanova L.A. Technologies of full-cycle treatment of pit and surface wastewater for open-pit coal mining operations: trends and prospects. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 63-69. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-9-63-69](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-63-69).

Paper info

Received March 3, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Исследование элементного и дисперсного составов пыли, образованной в результате проведения массовых взрывов на угольном разрезе*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-70-74>

СТРЕЛЕЦКИЙ А.А.

Ведущий инженер ИПКОН РАН,
111020 г. Москва, Россия,
e-mail: Seaman1079@yandex.ru

КУБРИН С.С.

Доктор техн. наук, профессор,
ученый секретарь ИПКОН РАН,
111020 г. Москва, Россия,
e-mail: s_kubrin@mail.ru

В статье приведены результаты исследования пыли, образованной после проведения массового взрыва на угольном разрезе. Изучен ее элементный состав, даны итоги проведения ситового анализа пыли. На основе эмпирической зависимости приведено обоснование расположения пылеулавливающих устройств.

Ключевые слова: мониторинг, запыленность, дисперсный состав, элементный состав, роза ветров, метод микроскопии.

Для цитирования: Стрелецкий А.А., Кубрин С.С. Исследование элементного и дисперсного составов пыли, образованной в результате проведения массовых взрывов на угольном разрезе // Уголь. 2023. № 9. С. 70-74. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-70-74.

ВВЕДЕНИЕ

Занимая шестое место в мире по добыче и экспорту угля, Россия является одной из лидирующих стран. Ее доля составляет 5,2% мировой угледобычи. Крупнейшим угледобывающим регионом России является Кемеровская область. Именно здесь производится более половины (50,8%) всего добываемого в стране угля, в том числе 57,1% составляет уголь коксующихся марок [1].

В связи с нынешними технологическими особенностями добычи угля, а именно:

- необходимостью вывода из эксплуатации больших площадей сельскохозяйственных земель;
- нарушением ландшафта;
- снижением продуктивности добычи угля при высоких температурах или сильных морозах;
- наличием в воздухе пыли, негативно влияющей на окружающую биоту и жизненные условия населения в близлежащих муниципальных поселениях, существует широкий спектр факторов, отрицательно сказывающихся как на человеке, так и на всех живых организмах в районе добычи угля.



**НОЦ
КУЗБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках мероприятия № 1 Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 года № 1144-р, и соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 075-15-2022-1185 от 28 сентября 2022 года.

Исследование пылевого загрязнения рабочей зоны угольного разреза, а также прилегающих к нему территорий с учетом влияния метеорологических параметров является на сегодняшний день актуальной задачей. Перенос вещества в атмосфере земли тесно взаимосвязан с процессом диффузии за счет переноса воздуха [2]. Сила и скорость ветра, действующие на диффундирующее пылегазовое облако, заставляют его перемещаться [3]. Процесс рассеивания и переноса облака также зависит от метеорологического состояния атмосферы [4].

Необходимо отметить, что большинство исследований в данном направлении посвящены определению концентрации пылевой взвеси, объема образовавшегося облака [5, 6, 7] но не учитывают ее дисперсный и элементный составы, а также ряд ее морфологических характеристик. Ведь именно дисперсность витающей пыли и ее морфологические характеристики влияют на способность частиц проникать в легкие, что в конечном счете выражается в появлении у рабочих, а также жителей близлежащих населенных пунктов легочных патологий [8, 9].

Именно поэтому разработка методов пылевого мониторинга с учетом вышеописанных параметров является важным направлением, реализация которого позволит ближе подойти к решению задачи пылеподавления при производстве массовых взрывов.

Цель работы: исследование элементного и дисперсного составов пыли, образующейся при проведении массовых взрывов на угольном разрезе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом изучения является пыль, образованная в результате проведения буровзрывных работ на угольном разрезе Кузбасса в марте 2023 г. На *рис. 1* голубыми метками отмечены крайние точки расположения взрываемого блока с координатами. Площадь блока отмечена красным цветом.

Для сбора образцов пыли по периметру блока были расположены 14 мелкозернистых сеток из мельтблауна и спанбонда, с параметрами сторон 175×95 мм. Помимо этого, рядом со взрываемым блоком были расположены аналитические аэрозольные фильтры АФА-40 в количестве двух штук.

На *рис. 2* представлена схема расположения установленных сеток и аэрозольных фильтров.

Голубыми метками отмечены границы блока с координатами: зелеными – установленные по периметру блока мелкозернистые сетки, желтыми – установленные аэрозольные фильтры АФА-40. Красной линией изображен периметр взрываемого блока.

Учитывая состояние погоды в день проведения массового взрыва, а именно дующий преимущественно северный ветер, мелкозернистые сетки было решено сконцентрировать на участке между южными границами блока по вероятнейшему направлению распространения пылегазового облака.

Далее собранная пыль была подвергнута ситовому анализу, результаты которого представлены в *табл. 1*.

Из данных ситового анализа можно сделать вывод, что мелкодисперсная пыль, включающая в себя частицы PM10, PM2,5 и более мелкие, представлены в большей массе (13,6476 гр.). Исходя из этого, становится очевидным, что в результате проведения буровзрывных работ на угольном разрезе из всей массы образованной пыли наибольшей массой обладает меньшая из фракций. Именно в ней содержатся наиболее мелкие и опасные для здоровья человека частицы PM2,5. Такие частицы при вдыхании оказывают на организм крайне негативное воздействие, вызывая различные повреждения легочных тканей, а также способствуя возникновению различных респираторных заболеваний и легочных патологий [10].

Долговременное воздействие частиц размера PM2,5 и меньше тесно связано со смертностью от различных



Рис. 1. Расположение взрываемого блока

Fig. 1. Location of the blast block



Рис. 2. Расположение пылеулавливающих устройств

Fig. 2. Location of dust collection units

Таблица 1

Результаты ситового анализа собранной пыли

Results of sieve analysis of the collected dust

Размер ячейки, мм	Масса пыли, г
10	1,0055
7	4,3598
5	3,7350
3	5,9346
2,5	0,1469
2	5,7389
1,6	0,1340
1	9,1182
0,8	7,9438
0,63	5,1170
0,5	7,3242
0,4	5,8997
0,315	6,5664
0,2	10,3576
0,1	9,9534
0,005	8,7466
< 0,05	13,6476
Σ	105,7292

Таблица 2

Результаты рентгенофлуоресцентного спектрального анализа (РФА)

Results of X-ray fluorescence analysis (XRF)

Химический элемент / Соединение	Содержание
Na ₂ O	1,25%
MgO	2,27%
Al ₂ O ₃	11,88%
SiO ₂	51,76%
K ₂ O	1,59%
CaO	8,74%
TiO ₂	0,72%
MnO	0,152%
Fe ₂ O ₃	6,15%
P ₂ O ₅	0,20%
SO ₃	< 0,02%
Cl	0,023 Ppm
Cr	92 Ppm
V	100 Ppm
Ni	47 Ppm
Cu	39 Ppm
Zn	88 Ppm
Rb	55 Ppm
Sr	261 Ppm
Zr	198 Ppm
Ba	538 Ppm
U	< 3 Ppm
Th	4 Ppm
Y	31 Ppm
Nb	12 Ppm
Pb	16 Ppm
As	< 5 Ppm
Mo	< 3 Ppm

сердечно-сосудистых и легочных патологий. Напротив, частицы больше чем PM10 не влияют на смертность и заболеваемость, так как остаются в верхней части дыхательных путей человека [11].

Образцы отобранной пыли были подвергнуты рентгенофлуоресцентному спектральному анализу (РФА), результаты которого представлены в табл. 2.

Из данных рентгенофлуоресцентного анализа можно сделать вывод, что в твердых выбросах при производстве буровзрывных работ по своему процентному соотношению преобладает вещество SiO₂. Пыль, содержащая в себе

двуокись кремния, относится к третьему классу опасности, к «высокоопасным» веществам, которые в свою очередь характеризуются высокой степенью негативного воздействия на биоту и окружающую среду в целом.

Продолжительное вдыхание мелкодисперсной неорганической пыли, содержащей в себе двуокись кремния, может повлечь за собой возникновение у человека патологии в виде силикоза – отдельного вида пневмоконоиоза, который возникает при длительном вдыхании пыли. Суммированное вдыхание дифференцированных по своему дисперсному составу наиболее респираторных частиц (диаметром < 0,5 мкм) в течение длительного времени влечет за собой увеличение рисков для здоровья, в частности способствует возникновению различных легочных патологий [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс проведения буровзрывных работ на угольном разрезе сопровождается рядом факторов, негативно воздействующих на человека и окружающую среду в целом. Одним из них являются возникновение и распространение пылегазового облака, содержащего в себе пыль, элементом которой является двуокись кремния, продолжительное вдыхание которой влечет за собой возникновение у рабочих легочных патологий.

Список литературы

- Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за 2022 год // Уголь. 2023. № 3. С. 21-33. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-21-33.
- Марчук Г.М. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 327с.
- Викторов С.Д., Бутысин В.С. Образование и распространение пылегазового облака при массовом взрыве на карьере // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 1996. № 6. С. 119-123.
- Тихонова О.В. Результаты исследований процесса образования пылегазового облака на карьере ООО «ПГ Фосфорит» // Записки Горного института. 2006. Т. 167. № 1. С. 113-116. URL: <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/8080> (дата обращения: 15.08.2023).
- Тихонова О.В. Оценка воздействия пылегазового облака на окружающую среду при производстве взрывных работ // Записки Горного института. 2003. Том 155. № 1. С. 90.
- Фокин В.А. Методика оценки количества легкопереносимой породной пыли при производстве массовых взрывов в карьерах // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2010. № 1. С. 57-61.
- Амосов П.В. Численное моделирование процесса проветривания карьера при проведении массовых взрывов по пылевому фактору // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2022. № 6. С. 125-138. DOI 10.21440/0536-1028-2022-6-125-138.
- Романченко С.Б., Руденко Ю.Ф., Костеренко В.Н. Пылевая динамика в угольных шахтах. Т. 6. Промышленная безопасность. М., 2011. 255 с.
- Калякин С.А. Критический анализ и исследование пожаровзрывоопасности угля и отложений угольной пыли. URL: <http://www.blastcraft.net/files/articles/safety7.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
- Прыткова Э.В., Маврин Г.В., Мансурова А.И. Сравнительный анализ дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны непромышленных помещений // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 1-2. С. 69-70. DOI: 10.18454/IRJ.2016.43.134.
- Evaluation of the impact of dust suppressant application on ambient PM10 concentrations in London / B. Barratt, D. Carslaw, G. Fuller et al. King's College London, Environmental Research Group Prepared for Transport for London under Contract to URS Infrastructure & Environment Ltd. November 2012.
- Трескова Ю.В. Оценка воздействия на здоровье населения и окружающую среду твердых выбросов горно-обогатительного комбината с учетом их дисперсного состава // Молодой ученый. 2017. № 23. С. 19-22. URL: <https://moluch.ru/archive/157/44415/> (дата обращения: 15.08.2023).

Original Paper

UDC 622.85:622.235 © A.A. Streletskiy, S.S. Kubrin, 2023
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 70-74
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-70-74>

Title

STUDY OF ELEMENT AND PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF DUST GENERATED AS A RESULT OF LARGE-SCALE BLASTING IN A COAL STRIP MINE

Authors

Streletskiy A.A.¹, Kubrin S.S.¹

¹ Institute of problems of comprehensive exploitation of mineral resources RAS, Moscow, 111020, Russian Federation

Authors Information

Streletskiy A.A., Leading Engineer, e-mail: Seaman1079@yandex.ru

Kubrin S.S., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academic Secretary, e-mail: s_kubrin@mail.ru

Abstract

The article presents the results of studying the dust generated as a result of large-scale blasting in a coal strip mine. Its element composition has been

studied, and the results of sieve analysis of dust have been provided. Justification for the location of the dust collection units is given based on the empirical dependence.

Keywords

Monitoring, Dust content, Particle size distribution, Elemental composition, Windrose diagram, Microscopy method.

SURFACE MINING

References

1. Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January – December, 2022. *Ugol'*, 2023, (3), pp. 21-33. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-21-33.
2. Marchuk G.M. Mathematical modeling of environmental issues, Moscow, Nauka Publ., 1982, 327 p. (In Russ.).
3. Viktorov S.D. & Butysin V.S. Formation and propagation of a dust and gas cloud during large-scale blasts in a coal open-cast mine. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 1996, (6), pp. 119-123. (In Russ.).
4. Tikhonova O.V. Results of research of dust and gas cloud formation process at the quarry of OOO PG Phosphorit. *Journal of Mining Institute*, 2006, Vol. 167, (1), pp. 113-116. Available at: <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/8080> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
5. Tikhonova O.V. Assessment of dust and gas cloud impact on the environment during blasting operations. *Zapiski Gornogo instituta*, 2003, Vol. 155, (1), p. 90. (In Russ.).
6. Fokin V.A. Methodology for estimating the amount of easily transferable rock dust during large-scale blasting in open-pit mines. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal*, 2010, (1), pp. 57-61. (In Russ.).
7. Amosov P.V. Numerical modeling of open pit ventilation when varying the location of the dust and gas cloud. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal*, 2022, (6), pp. 125-138. (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2022-6-125-138.
8. Romanchenko S.B., Rudenko Y.F. & Kosterenko V.N. Dust dynamics in coal mines, Vol. 6, Promyshlennaya Bezopasnost Publ., Moscow, 2011, 255 p. (In Russ.).
9. Kalyakin S.A. Critical analysis and study of fire and explosion hazard of coal and coal dust depositions. Available at: <http://www.blastcraft.net/files/articles/safety7.pdf> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
10. Prytkova E.V., Mavrin G.V. & Mansurova A.I. Comparative analysis of dispersed composition of the dust at the workplace. *Mezhdunarodnyj nauch-*

no-issledovatel'skij zhurnal, 2016, (1-2), pp. 69-70. (In Russ.). DOI: 10.18454/IRJ.2016.43.134.

11. Barratt B., Carslaw D., Fuller G., Green D. & Tremper A. Evaluation of the impact of dust suppressant application on ambient PM10 concentrations in London. King's College London, Environmental Research Group Prepared for Transport for London under contract to URS Infrastructure & Environment Ltd, November 2012.

12. Treskova Yu.V. Assessment of impact on public health and the environment of solid emissions of a mining and processing plant with account of their particle size distribution. *Molodoy uchenyj*, 2017, (23), pp. 19-22. Available at: <https://moluch.ru/archive/157/44415/> (accessed: 15.08.2023). (In Russ.).

Acknowledgements

The research was performed with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of Activity No.1 of the Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation as of May 11, 2022, and Agreement No. 075-15-2022-1185 as of September 28, 2022, on providing grants from the federal budget in the form of subsidies in accordance with Item 4 of Article 78.1 of the Budget Code of the Russian Federation.

For citation

Streletskij A.A. & Kubrin S.S. Study of element and particle size distribution of dust generated as a result of large-scale blasting in a coal strip mine. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 70-74. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-70-74.

Paper info

Received July 27, 2023
 Reviewed August 14, 2023
 Accepted August 25, 2023

Дадим стране угля – в Кузбассе стартовало строительство блока «Распадский-4»

День шахтёра в Кузбассе всегда отмечают широко – с праздничными концертами, награждениями, новыми аллеями и арт-объектами в разных городах региона. Но главные новости, естественно, – с подземной спецификой. 23 августа в Междуреченске был официально дан старт проекту «Распадский-4».

Основные характеристики проекта собравшимся представил генеральный директор Распадской угольной компании (РУК) Владимир Мельниченко. По его словам, к 2027 г. компания построит комплекс зданий и сооружений, а также более двадцати километров горных выработок для отработки пластов с запасами угля свыше шестидесяти миллионов тонн. «Горизонт добычи угля на этом участке – более двадцати лет», – заявил **Мельниченко**.

Напомним, что и без этого шахта «Распадская» сегодня – это основной актив РУК, на ее долю приходится 28% от всего объема добычи угля в компании. С объемом добычи коксующегося угля в пять-шесть миллионов тонн в год она является одной из крупнейших шахт России, а уголь марки ГЖ Распадской востребован не только в нашей стране, но и на экспортных рынках.

Антон Медведев (Кемеровская обл.)

Диспетчеризация в карьерных экскаваторно-автомобильных комплексах с беспилотным транспортом*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-75-83>

Беспилотный карьерный автотранспорт приобретает все большую популярность в мире. Его использование позволяет повысить безопасность и производительность открытых горных работ, снизить затраты на содержание персонала и техническое обслуживание, а также сократить вредные выбросы в атмосферу. Однако использование беспилотного транспорта не даст ожидаемого эффекта без грамотного управления его работой – в частности, при его взаимодействии с карьерными экскаваторами в составе экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК). Эффективное управление (диспетчеризация) позволяет снизить непроизводительные простои технологического карьерного оборудования, что является ключом к повышению производительности открытых горных работ в целом и ЭАК в частности. В данной работе проанализированы простои, имеющие место на действующих угольных разрезах, а также то, как на эти простои может повлиять использование беспилотного карьерного транспорта. Затем обозначены основные направления повышения производительности и некоторые особенности диспетчеризации беспилотного карьерного транспорта в сравнении с обычным. После этого описана двухуровневая модель управления ЭАК, которую можно применять как с обычным, так и с беспилотным транспортом. В конце работы представлены некоторые результаты расчетов по этой модели, показывающие ее эффективность.

Ключевые слова: карьер, экскаваторно-автомобильный комплекс, беспилотный карьерный самосвал, диспетчеризация, имитационное моделирование.

ВОРОНОВ Ю.Е.

Доктор техн. наук, профессор,
профессор кафедры ЭА
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: vyue.ap@kuzstu.ru

ВОРОНОВ А.Ю.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры ЭА
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: voronovayu@kuzstu.ru

ДУБИНКИН Д.М.

Канд. техн. наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
научного центра «Цифровые технологии»
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

МАКСИМОВА О.С.

Младший научный сотрудник
научного центра «Цифровые технологии»
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: maksimovaos@kuzstu.ru

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 № 075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в рамках Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.



**НОЦ
КУЗБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

Для цитирования: Диспетчеризация в карьерных экскаваторно-автомобильных комплексах с беспилотным транспортом / Ю.Е. Воронов, А.Ю. Воронов, Д.М. Дубинкин и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 75-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-75-83.

ВВЕДЕНИЕ

При работе экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) на карьерах большая часть простоев приходится на автосамосвалы. Экскаваторы, как правило, простаивают значительно реже, поскольку они являются ведущими машинами в ЭАК, и организаторы открытых горных работ стараются сделать так, чтобы работали они более или менее непрерывно.

На разрезе «Кедровский» процентное распределение простоев карьерных самосвалов в годовом масштабе выглядит примерно следующим образом (рис. 1).

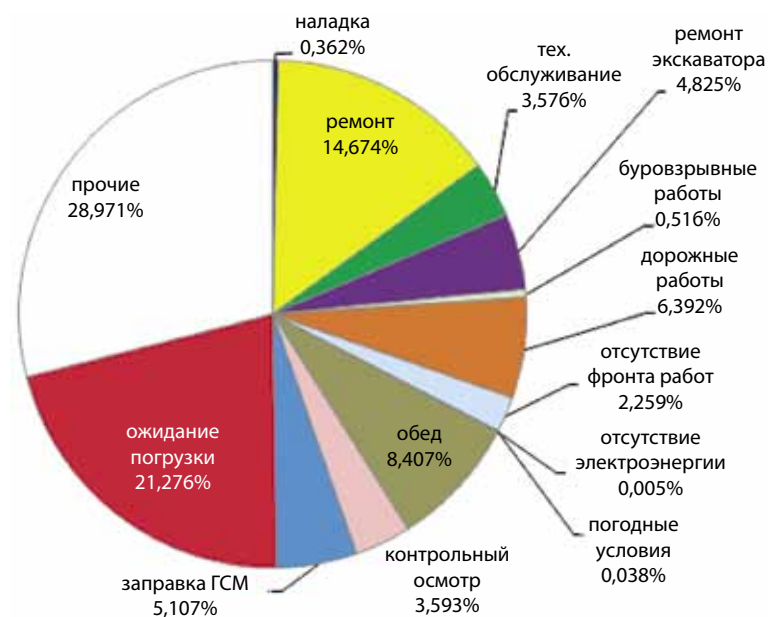


Рис. 1. Распределение простоев карьерных самосвалов на разрезе «Кедровский» за год

Fig. 1. Distribution of mining truck downtimes at the Kedrovsky Mine per year

Распределение годовых простоев самосвалов разреза «Кедровский» во временном выражении приведено в таблице.

Среднегодовая степень полезного использования самосвалов составила около 75%, что является невысоким результатом (норма – 80-85%). Простои снижают производительность горного оборудования, повышают эксплуатационные затраты и себестоимость работ, а следовательно, и стоимость конечной продукции. Многие из них возникают из-за «человеческого фактора».

В последнее время по причине популярности беспилотных технологий и нехватки квалифицированных водителей для карьерных автосамосвалов большое внимание как в литературе, так и в промышленности уделяется беспилотным карьерным самосвалам (БКС). По сравнению с обычными карьерными самосвалами БКС имеют множество преимуществ, включая снижение эксплуатационных расходов, повышение эффективности, повышение производительности и обеспечение безопасности рабочих.

Многие производители карьерных самосвалов, такие как Caterpillar, Hitachi и Komatsu, приложили огромные усилия для промышленного внедрения БКС и создания систем беспилотных карьерных перевозок. Подробные обзоры опыта применения беспилотной карьерной техники сделаны в работах [1, 2, 3, 4, 5].

ВЛИЯНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ МАШИН НА ПРОСТОИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

Рассмотрим, как применение беспилотных машин может повлиять на простои карьерных самосвалов, обозначенные на рис. 1 и в таблице.

Наладка и ремонт (0,362% и 14,674%). Полностью избавиться от этих простоев невозможно. Сбои в работе системы управления и поломки самосвалов неизбежно будут происходить с некоторой периодичностью. Применение беспилотного транспорта позволит лишь снизить эти простои до некоторой величины (в зависимости от конкретных условий) – за счет использования рациональных режимов движения. Также современные системы управления БКС имеют

Распределение простоев самосвалов во временном выражении за год

Distribution of mining truck downtimes in time terms per year

Показатели	Наладка	Ремонт	Тех. обслуживание	Ремонт экскаватора	Буровзрывные работы	Дорожные работы	Отсутствие фронта работ	Отсутствие эл./энергии	Погодные условия	Обед	Контрольный осмотр	Заправка ГСМ	Ожидание погрузки	Прочие
Время простоя, ч	266,32	10795,28	2630,79	3549,93	379,66	4702,36	1661,81	3,41	27,896	61,84,63	2642,95	3757,27	15651,94	21313,155
Общее время простоев, ч	73567,4													
Общее время на линии, ч	298722,265													
Степень использования, %	75,373													

функцию мониторинга технического состояния машин и прогнозирования поломок, что позволяет заранее планировать ремонты и своевременно заменять машины.

Техническое обслуживание (3,576%). Является регламентированным простоем [6], и повлиять на него практически невозможно.

Ремонт экскаватора (4,825%). Карьерные экскаваторы пока управляются людьми (хотя работы по созданию беспилотных экскаваторов уже ведутся), поэтому повлиять на эти простои сложно. Можно, по аналогии с самосвалами, использовать мониторинг технического состояния экскаваторов, чтобы предсказывать вероятные поломки и, по возможности, своевременно их предотвращать или хотя бы смягчать их последствия.

Буровзрывные работы (0,516%). Это неотъемлемая часть технологического процесса открытой добычи, и избежать их невозможно. Многие западные горнодобывающие предприятия, помимо беспилотного автотранспорта, используют и автоматизированные буровые станки, позволяющие бурить взрывные скважины более точно и быстро, что повышает качество дробления горной массы.

Дорожные работы (6,392%). Необходимы для повышения качества покрытия, удаления просыпей и т.д. Зарубежные специалисты рекомендуют при использовании беспилотного транспорта расширять технологические трассы на 10–15% по сравнению с обычными, а также делать более широкими пересечения трасс, чтобы боковые насыпи не воспринимались беспилотными самосвалами как препятствия [6, 7, 8]. Это значит, что дорожные работы при беспилотном транспорте могут занять даже несколько больше времени, чем при обычном.

Отсутствие фронта работ (2,259%). Это простой по причине неподготовленности забоев в результате, например, некачественного дробления горной массы. Иногда такие случаи будут иметь место, независимо от того, какой транспорт будет использоваться.

Отсутствие электроэнергии и погодные условия (0,005% и 0,038%). Возникают исключительно под действием внешних факторов, и повлиять на них невозможно. Кроме того, их величины слишком малы, чтобы всерьез их учитывать.

Обед (8,407%). Единственный вид простоев, от которого при использовании беспилотного транспорта можно гарантированно избавиться полностью. При прочих неизменных условиях это сразу же даст повышение степени использования самосвалов на 2% (примерно до 77%). При этом, возможно, увеличатся количество заправок и простои в ожидании погрузки, но также увеличится и время полезной работы, что гораздо важнее.

Контрольный осмотр (3,593%). При обычном транспорте производится, как правило, в начале каждой смены. При беспилотном транспорте понятие смены неактуально, поэтому необходимости в контрольных осмотрах, на первый взгляд, нет. Но БКС в случае встречи препятствия на пути обычно запрограммированы на полную остановку. Запустить их снова можно лишь после визуального осмотра (например, с помощью БПЛА), который, очевидно, занимает некоторое время. Поэтому, чтобы сделать вывод о том, как использование беспилотного транспорта

повлияет на время контрольных осмотров, необходимо больше данных.

Заправка ГСМ (5,107%). С одной стороны, рациональный режим движения самосвала снижает расход топлива. С другой стороны, снижение простоев и повышение производительности транспорта расход топлива увеличивают. Поэтому, как и в предыдущем случае, сложно сказать, как беспилотники повлияют на этот необходимый и неизбежный простой.

Ожидание погрузки (21,276%). Для данного вида простоя может быть установлена норма – например, согласно [7] время ожидания погрузки на один рейс должно составлять не более половины времени погрузки. Очевидно, что так бывает далеко не всегда, а работа ЭАК по традиционному закрытому циклу (т.е. с закреплением самосвалов за конкретными экскаваторами) отнюдь не способствует сокращению этих простоев, как было показано во многих научных работах. Меры борьбы с этими простоями будут рассмотрены далее.

Прочие простои (28,971%). В документации выбранного предприятия они названы «незарегистрированными». Это либо целосменные простои самосвалов, либо простои, не относящиеся к 13 предыдущим категориям, либо простои, относящиеся к этим категориям, но по каким-либо причинам не зарегистрированные и т.д. Так или иначе, они занимают наибольшую долю в общей сумме простоев, и рассмотреть их необходимо. Однако, как повлияет на них использование беспилотного карьерного транспорта, сказать невозможно.

Подведем промежуточный итог. Помимо полного исключения простоев во время обедов, наиболее перспективным направлением повышения производительности ЭАК с беспилотным транспортом видится снижение простоев самосвалов в ожидании погрузки. Оптимальное управление транспортными потоками (т.е. диспетчеризация) поможет в этом.

РАЗНИЦА МЕЖДУ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ ОБЫЧНЫХ И БЕСПИЛОТНЫХ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

Работа БКС может и без вмешательства человека полностью управляться указаниями в области маршрутизации и планирования, которые в реальном времени генерируются динамической системой диспетчеризации (ДСД). Таким образом, грамотно построенная ДСД имеет важное значение для создания системы безлюдных грузовых перевозок на карьерах. ДСД предназначена для построения маршрутов перевозок между пунктами погрузки и разгрузки, а также доведения их до БКС в режиме реального времени, чтобы минимизировать эксплуатационные затраты на перевозки или максимизировать объемы перевозок.

На первый взгляд, никакой разницы между диспетчеризацией обычных и беспилотных карьерных самосвалов нет – в обоих случаях присутствуют мобильные объекты, которые нужно направить в стационарные (приблизительно) пункты погрузки или разгрузки. При ближайшем рассмотрении некоторые различия все же заметны.

По сравнению с ДСД обычных карьерных самосвалов в системе БКС следует учитывать некоторые уникальные особенности. Когда самосвалы с разных направлений

одновременно въезжают на узкий перекресток, большой размер самосвалов создает проблемы при прохождении через конфликтные точки на перекрестке. Такие конфликты на перекрестках обычно создают трудности и риски для контроля БКС. Из соображений безопасности, при работе БКС на карьере обычно требуется, чтобы только один самосвал мог одновременно проходить через каждый перекресток. При использовании обычных карьерных самосвалов опытные водители, как правило, способны самостоятельно и умело проходить через конфликтные точки. Поэтому данное требование редко учитывается при использовании пилотируемых карьерных самосвалов. Это требование позволяет избежать возможных конфликтов между БКС на перекрестках и повышает безопасность работы БКС. Однако это может увеличить очереди на некоторых загруженных перекрестках и привести к заторам, как показано на *рис. 2* [10].

Заторы оказывают существенное негативное влияние на работу БКС и приводят к непредсказуемым значениям времени груженых и порожних пробегов для самосвалов. Пренебрежение заторами может затруднить реализацию маршрутов и назначений, созданных системой диспетчеризации, или даже привести к их отмене. Как отмечено в работе [11], заторам на перекрестках не уделялось никакого внимания в современной литературе по проблеме динамической диспетчеризации для карьерных самосвалов.

Данная проблема, несомненно, важна и слабо изучена, но в цели текущей работы ее решение не входит. Самое важное то, как принимаются решения по распределению самосвалов между пунктами погрузки и разгрузки. Возможные изменения времени пробегов в результате заторов,

как будет разъяснено далее, можно учесть и внести определенные коррективы в систему диспетчеризации.

Моделей диспетчеризации ЭАК карьеров было создано множество, и все они имеют свои недостатки. Подробные обзоры этих моделей и методов можно найти в работах [11, 12, 13, 14]. Среди наиболее значительных недостатков можно отметить следующие:

- недостаточный учет вероятностной природы технологических процессов открытых горных работ (как следствие – неприменимость аналитических методов решения);
- неадекватность модуля диспетчеризации (как следствие – неясность, к чему то или иное назначение самосвала приведет в будущем).

Таким образом, возникает противоречие: с одной стороны, решение о назначении самосвала должно быть достаточно быстрым, чтобы за время его выработки ситуация в карьере не изменилась слишком сильно; с другой стороны, решение должно быть достаточно точным и учитывать не только реальную текущую ситуацию в карьере, но и (по возможности) заглядывать в будущее, прогнозируя, к чему то или иное решение приведет впоследствии.

Выход здесь видится только один – совершенствование известных эвристических методов распределения карьерных самосвалов и адаптация их к современным возможностям. Авторы работы [15] попытались решить вышеуказанные проблемы, предложив двухуровневую модель управления ЭАК. Ее основные положения заключаются в следующем:

- расстановка экскаваторов по зонам погрузки уже известна – это задача технологов, и к управлению ЭАК



Рис. 2. Схема заторов на перекрестках технологических трасс
Fig. 2. Scheme of congestion at the intersections of technological routes

где J – номер нужного экскаватора; T_j^b – ожидаемое «время освобождения» (окончания последней загрузки) j -го экскаватора, включая самосвалы на пути к нему, а также уже стоящие в очереди; t_c – «текущее время», прошедшее с начала смены (часы модельного времени); T_j^m – ожидаемое «время движения» самосвала до j -го экскаватора; x_j – целочисленный параметр приоритетности j -го экскаватора и соответствующего ему маршрута; δ – малое число, не допускающее обнуления числителя и критерия (в расчетах принималось равным 1).

Выражение $T_j^b - (t_c + T_j^m)$ представляет собой ожидаемое время простоя самосвала, которое возникнет в результате его назначения к j -му экскаватору. На это выражение наложено условие неотрицательности. Если же оно равно нулю, то это означает либо идеальную ситуацию, когда ни самосвал, ни экскаватор не будут простаивать, либо некоторый простой экскаватора. Второй вариант, как уже отмечалось, крайне нежелателен, экскаватор нужно срочно обеспечить работой, поэтому такое назначение будет правильным.

Процесс выбора параметров приоритетности можно описать следующим образом. Пусть n – количество экскаваторов в определенной группе, тогда $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор параметров приоритетности. Имитационное моделирование позволяет статистическими методами оценить характеристики системы $C(X)$. Для получения точной оценки необходимо провести расчет достаточно большого количества смен, поэтому для определения правила остановки используется центральная предельная теорема теории вероятностей.

Пусть для k испытаний (прогонов имитационной модели) $\widehat{C}_k(X)$ – среднее значение характеристики, S_k^2 – значение характеристики с выборочной дисперсией, ΔC – допустимая погрешность. Тогда погрешность вычислений будет равна

$$P(|C(X) - \widehat{C}_k(X)| < \Delta C) = F\left(\frac{\Delta C}{S_k^2}\right) - F\left(\frac{-\Delta C}{S_k^2}\right), \quad (2)$$

где F – функция стандартного нормального распределения.

Количество прогонов k увеличивается до тех пор, пока вероятность попадания в доверительный интервал (2) не достигнет требуемой величины.

Затем решается задача поиска оптимальных параметров приоритетности:

$$X^* = \arg \min_X \widehat{C}_k(X). \quad (3)$$

Решение этой задачи требует значительных вычислительных ресурсов, так как оценка $\widehat{C}_k(X)$ для каждого набора X получается в результате имитационного моделирования. Чтобы снизить затраты машинного времени, используется следующий прием.

Вполне очевидно, что при принятии диспетчерского решения важно соотношение между параметрами приоритетности (во сколько раз один больше другого). Пусть первый параметр $x_1 = 1$, а шаг параметра $q > 1$. Если задать предельные отклонения параметров как $q^{-m} < x_j < q^m$, то каждый параметр сможет принимать $(2m + 1)$ значений.

Для решения задачи (3) с помощью полного перебора потребуется $(2m + 1)^{n-1}$ расчетов характеристики \widehat{C}_k .

В качестве характеристики $C(X)$ выступает величина денежных потерь от простоев экскаваторов и самосвалов в рассматриваемой группе за смену. Критерий выбора параметров приоритетности можно представить следующим образом:

$$C(X) = \sum_{j=1}^n (C_j^s \cdot I_j^s) + \sum_{j=1}^n (C^t \cdot I_j^t) \rightarrow \min, \quad (4)$$

где C_j^s – стоимость простоя j -го экскаватора, руб./ч; I_j^s – ожидаемое время простоя j -го экскаватора за смену, ч; C^t – стоимость простоя однотипных самосвалов в группе, руб./ч; I_j^t – ожидаемое время простоя однотипных самосвалов у j -го экскаватора за смену, ч.

Стоимость простоя каждой модели технологического оборудования определяется как упущенная финансовая выгода от условно недобытого в результате простоя и, как следствие, нереализованного угля. Ее можно приближенно определить по следующей формуле:

$$C = \frac{W_h}{r_s} \cdot C_c, \quad (5)$$

где W_h – ожидаемая эксплуатационная производительность единицы техники по вскрыше, м³/ч; r_s – коэффициент вскрыши, м³/т; C_c – средняя рыночная цена угля, руб./т.

В результате расчетов на имитационной модели для различного количества самосвалов в группе выбирается набор параметров приоритетности, наилучшим образом удовлетворяющий условию (4), которое одновременно является оценкой эффективности алгоритма на нижнем уровне системы диспетчеризации. Параметры приоритетности сводятся в базу данных и в дальнейшем используются для принятия диспетчерских решений. Параметры переоцениваются при любом значительном событии (например, замене экскаватора) либо через определенное время (например, перед началом каждой смены).

Примерная схема принятия диспетчерского решения о назначении порожнего самосвала представлена на рис. 4.

В реальных условиях разреза «Кедровский» удалось выделить несколько рациональных групп диспетчеризации, соответствующих нужным условиям: экскаваторы, работают по одному типу горной массы, однотипные самосвалы, один пункт разгрузки. Рассматривались перевозки только вскрышных пород, поскольку на разрезах вскрыша составляет основной грузопоток. Имеет смысл в качестве примера привести одну группу, в которую вошли два экскаватора – Р&Н-2800 с ковшом вместимостью 33 куб. м и ЭКГ-12ус с ковшом вместимостью 12,5 куб. м – работавшие на один отвал. Средние плечи откатки, по данным действующей на предприятии системы диспетчеризации, составили 3,95 км для экскаватора Р&Н-2800 и 4,2 км для экскаватора ЭКГ-12ус. В группе использовались однотипные самосвалы БелАЗ-75306 грузоподъемностью 220 т.

Расчеты проводились для режимов работы ЭАК по закрытому и открытому циклу (т.е. с закреплением и без закрепления самосвалов за экскаваторами). В модели учитывались простои самосвалов по следующим при-

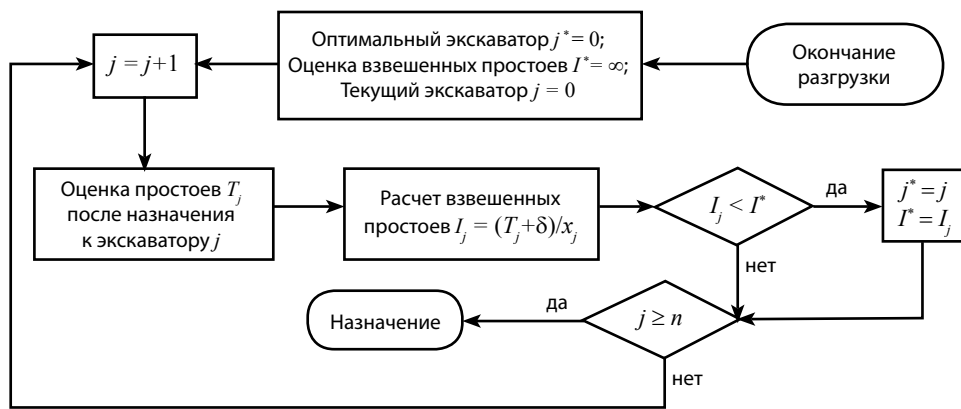


Рис. 4. Схема принятия диспетчерского решения
Fig. 4. Dispatching decision flowchart

чинам: ремонт, ожидание погрузки, ремонт экскаватора. Остальные простои учесть не представляется возможным, поскольку они возникают не как непосредственный результат работы ЭАК. Поэтому время смены в модели без учета неучитываемых простоев принималось равным 10 ч (это примерно соответствует действительности). Результаты расчетов приведены на рис. 5 и рис. 6. Линии, соединяющие точки на графиках, физического смысла не имеют и добавлены для большей наглядности.

Из рис. 5 следует, что организация работы ЭАК по открытому циклу дает значительную экономию по сравнению с закрытым циклом – в основном за счет сокращения простоев автосамосвалов. При оптимальном для открытого цикла количестве самосвалов (18 шт.) сокращение потерь от простоев составило 12,6%, или почти 140 тыс. руб. за смену. В среднем для разного количества самосвалов сокращение потерь от простоев составило 7,3%.

Работа без закрепления самосвалов за экскаваторами эффективнее и в плане производительности (см. рис. 6).

При 14 самосвалах в группе работа по закрытому циклу позволяет перевезти только около 50800 т вскрыши, а работа по открытому циклу – около 52900 т, то есть на 4% больше. Поэтому, если норма сменной выработки будет установлена на уровне не ниже 52500 т (что примерно соответствует реальной производительности экскаваторов в данной группе), то работа по закрытому циклу для выполнения производственного плана потребует на один самосвал больше. Это говорит о том, что организация работы ЭАК по открытому циклу дает экономию не только за счет сокращения простоев горного оборудования, но и за счет сокращения количества работающих самосвалов. Кроме того, вполне очевидно, что чем меньше самосвалов работает в карьере, тем меньше вероятность возникновения заторов, о которых уже упоминалось.

Нужно отметить, что оптимальное количество самосвалов по критерию минимума потерь от простоев не всегда отвечает реальным требованиям, поскольку ожидаемая выработка ЭАК при такой его структуре может быть или

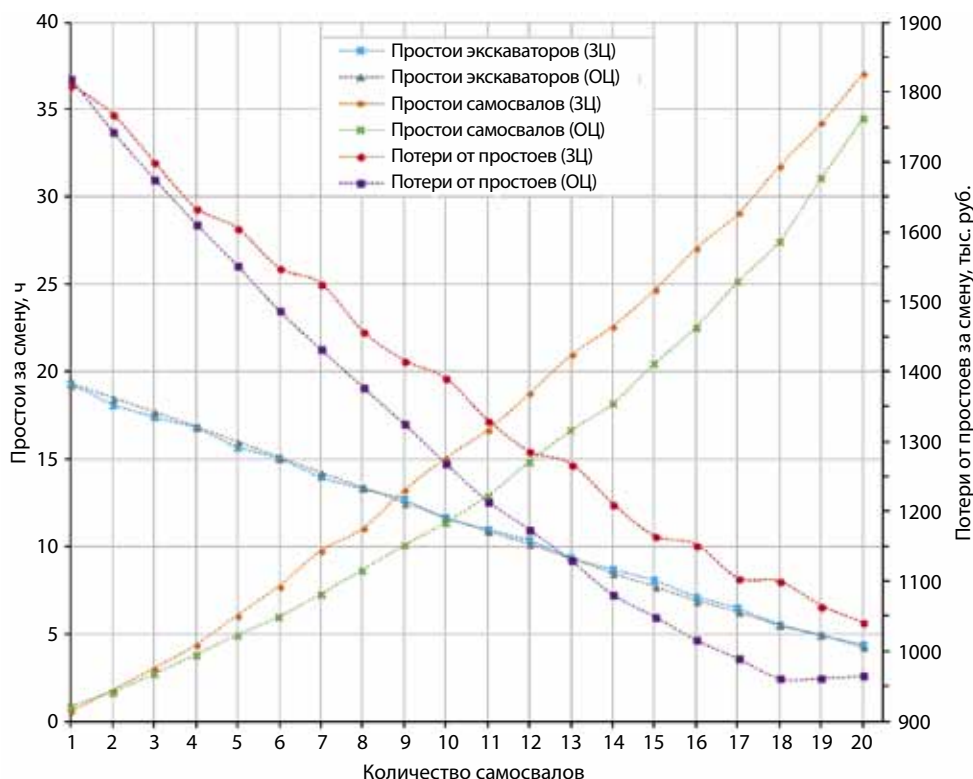


Рис. 5. Простои оборудования и потери от простоев при различных количествах самосвалов для закрытого (ЗЦ) и открытого (ОЦ) циклов работы

Fig. 5. Downtime of equipment and losses from downtime at various numbers of trucks for fixed and dynamic truck allocation

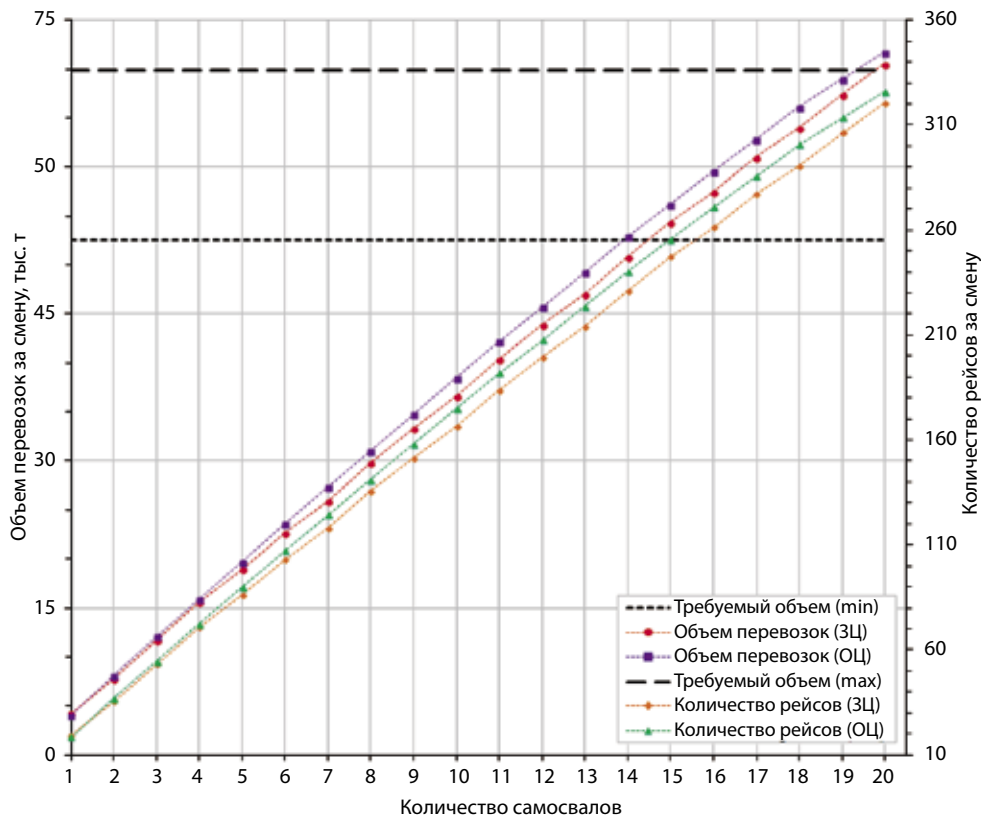


Рис. 6. Объем перевозок вскрыши и количество рейсов при различных количествах самосвалов для закрытого (ЗЦ) и открытого (ОЦ) циклов работы

Fig. 6. The volume of overburden and the number of hauls at various numbers of trucks for fixed and dynamic truck allocation

ниже, или намного выше производственного плана. План же должен быть просто выполнен, так что в этом случае придется ограничиваться нормой выработки, примерно соответствующей реальной производительности действующих в группе экскаваторов. Тогда заданные объемы работ можно будет выполнить меньшими ресурсами, что и требуется. Данное ограничение введено в предлагаемую имитационную модель, то есть программа позволяет выбирать только из тех вариантов, что обеспечивают достижение желаемой производительности. Это также сокращает время имитационных расчетов, что может стать существенным преимуществом. В текущих расчетах, с целью получения полных графиков, эта функция была отключена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно сделать вывод, что для повышения качества управления ЭАК карьеров нужно активнее использовать имитационное моделирование, так как лишь оно может создать объективную картину протекающих вероятностных процессов.

Список литературы

1. Журавлев А.Г. Тенденции развития транспортных систем карьеров с использованием роботизированных машин // Проблемы недропользования. 2014. № 3. С. 164-175.
2. Дубинкин Д.М. Современное состояние техники и технологий в области автономного управления движением транспортных средств угольных карьеров // Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 6. С. 8-15. DOI: 10.26730/1816-4528-2019-6-8-15.
3. Хазин М.Л. Роботизированная техника для добычи полезных ископаемых // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2020. Т. 18. № 1. С. 4-15.

4. Об интенсивности изменения производительности автономной тяжелой платформы / М.А. Тюленев, С.О. Марков, Д.М. Дубинкин и др. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 1. С. 97-108. DOI 10.26730/1999-4125-2021-1-97-108.
5. Обзор систем безлюдных грузовых перевозок на карьерах / А.Ю. Воронов, Ю.Е. Воронов, И.С. Сыркин и др. // Уголь. 2022. № 512. С. 30-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-512-30-36.
6. Дубинкин Д.М., Аксенов В.В., Пашков Д.А. Тенденции развития беспилотных карьерных самосвалов // Уголь. 2023. № 6. С. 72-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-72-79.
7. Инструкция по учету рабочего времени технологического автотранспорта. Кемерово: ОАО «УК Кузбассразрезуголь». 2004. 11 с.
8. Mine planning and selection of autonomous trucks / R. Price, M. Cornelius, L. Burnside et al. // MPES-2019 Proceedings. 2020. P. 203-212.
9. Benlaajili S., Moutaouakkil F., Chebak A. Infrastructural requirements for the implementation of autonomous trucks in open-pit mines // Vth International Innovative Mining Symposium. 2021. E3S Web of Conferences 315. p. 03009.
10. A dynamic dispatching problem for autonomous mine trucks in open-pit mines considering endogenous congestion / L. Zhang, W. Shan, B. Zhou et al. // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2023. Vol. 150. P. 104080.
11. Munirathinam M., Yingling J.C. A review of computer-based truck dispatching strategies for surface mining operations // International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment. 1994. Vol. 8. No 1. P. 1-15.
12. Alarie S., Gamache M. Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines // International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment. 2002. Vol. 16. No 1. P. 59-76.

13. Afrapoli A.M., Askari-Nasab H. Mining fleet management systems: a review of models and algorithms // *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2019. Vol. 33. No 1. P. 42-60.
14. Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Воронов Ю.Е. Обзор моделей диспетчеризации карьерного автотранспорта // *Горная промышленность*. 2022. № 6. С. 111-121.
15. Воронов А.Ю., Воронов Ю.Е. Мультиуровневая модель управления экскаваторно-автомобильными комплексами разрезов // *Горное оборудование и электромеханика*. 2019. № 5. С. 8-15.

Original Paper

UDC 622.23.05 © Yu.E. Voronov, A.Yu. Voronov, D.M. Dubinkin, O.S. Maksimova, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 75-83
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-75-83>

Title

DISPATCHING IN TRUCK-SHOVEL SYSTEMS WITH UNMANNED TRANSPORT AT OPEN-PIT MINES

Authors

Voronov Yu.E.¹, Voronov A.Yu.¹, Dubinkin D.M.¹, Maksimova O.S.¹

¹ Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Voronov Yu.E., Doctor of Technical Sciences, Professor,
 e-mail: vyue.ap@kuzstu.ru

Voronov A.Yu., PhD (Engineering), Associate Professor,
 e-mail: voronovayu@kuzstu.ru

Dubinkin D.M., PhD (Engineering), Associate Professor,
 Leading Researcher Associate, e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Maksimova O.S., Junior Researcher, e-mail: maksimovaos@kuzstu.ru

Abstract

Unmanned mining dump trucks are becoming increasingly popular in the world. Its use improves the safety and productivity of open-pit mining, reduces personnel and maintenance costs, and reduces harmful emissions into the atmosphere. However, the use of unmanned transport will not give the expected effect without competent management of its work – in particular, when it interacts with mining shovels as part of shovel-truck systems (STS). Efficient management (or dispatching) allows to reduce unproductive downtime of technological mining equipment, which is the key to increasing the productivity of open-pit mining in general and STS in particular. This paper analyzes the downtime that takes place at active open-pit coal mines, as well as how these downtimes can be affected by the use of unmanned mining transport. Then the main directions for increasing productivity and some features of the dispatching of unmanned mining transport in comparison with conventional one are indicated. After that, a two-stage STS management model is described, which can be applied to both conventional and unmanned transport. At the end of the paper, some results of calculations for this model are presented, showing its effectiveness.

Key words

Open-pit mine, Shovel-truck system, Autonomous mining dump truck, Dispatching, Simulation.

References

- Zhuravlyov A.G. Tendencies of open pit transport systems progress employing robotic machines. *Problemy nedropolzovaniya*, 2014, (3), pp. 164-175. (In Russ.).
- Dubinkin D.M. The current state of technology and technologies in the field of autonomous control of the movement of vehicles of coal pits. *Mining equipment and electromechanics*, 2019, (6), pp. 8-15. (In Russ.). DOI: 10.26730/1816-4528-2019-6-8-15.
- Khazin M.L. Robotic equipment for mining operations. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo technicheskogo universiteta imeni G.I. Nosova*, 2020, Vol. 18, (1), pp. 4–15. (In Russ.).
- Tyulenev M.A., Markov S.O., Dubinkin D.M. & Aksenov V.V. On the intensity of changes in the performance of an autonomous heavy platform. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2021, (1), pp. 97-108. (In Russ.). DOI: 10.26730/1999-4125-2021-1-97-108.
- Voronov A.Yu., Voronov Yu.E., Syrkin I.S., Nazarenko S.V. & Yunusov I.F. A review of unmanned haulage systems at open-pit mines. *Ugol'*, 2022, (S12), pp. 30-36. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-30-36.
- Dubinkin D.M., Aksenov V.V. & Pashkov D.A. Trends in the development of unmanned mining dump trucks. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 72-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-72-79.

7. Instructions for recording the working hours of technological vehicles. Kemerovo, Kuzbassrazrezugol JSC, 2004, 11 p. (In Russ.).

8. Price R., Cornelius M., Burnside L. & Miller B. Mine planning and selection of autonomous trucks. *MPE-2019 Proceedings*, 2020, pp. 203-212.

9. Benlaajili S., Moutaouakkil F. & Chebak A. Infrastructural requirements for the implementation of autonomous trucks in open-pit mines. *Vlth International Innovative Mining Symposium*, 2021. E3S Web of Conferences 315, p. 03009.

10. Zhang L., Shan W., Zhou B. & Yu B. A dynamic dispatching problem for autonomous mine trucks in open-pit mines considering endogenous congestion. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2023, (150), pp. 104080.

11. Munirathinam M. & Yingling J.C. A review of computer-based truck dispatching strategies for surface mining operations. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 1994, Vol. 8, (1), pp. 1-15.

12. Alarie S. & Gamache M. Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 2002, Vol. 16, (1), pp. 59-76.

13. Afrapoli A.M. & Askari-Nasab H. Mining fleet management systems: a review of models and algorithms. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2019, Vol. 33, (1), pp. 42-60.

14. Voronov A.Y., Dubinkin D.M. & Voronov Y.Y. A review of models for truck dispatching at open-pit mines. *Gornaya promyshlennost'*, 2022, (6), pp. 111-121. (In Russ.).

15. Voronov A.Yu. & Voronov Yu.E. Multistage model for shovel-truck system management at open-pit coal mines. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika*, 2019, (5), pp. 8-15. (In Russ.).

Acknowledgements

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation under Agreement № 075-15-2022-1198 dated 30.09.2022 with the Gorbachev Kuzbass State Technical University on complex scientific and technical program of full innovation cycle: "Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life" (the "Clean Coal – Green Kuzbass" Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle) as part of implementing the project "Development and creation of an unmanned shuttle-type mine truck with a payload of 220 tonnes" in terms of research, development and experimental-design work.

For citation

Voronov Yu.E., Voronov A.Yu., Dubinkin D.M. & Maksimova O.S. Dispatching in truck-shovel systems with unmanned transport at open-pit mines. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 75-83. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-75-83.

Paper info

Received July 7, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

MINING EQUIPMENT

Оценка показателей выбросов парниковых газов для угольных теплоэлектростанций в контексте развития углеродного регулирования в Российской Федерации

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-84-89>

РОСЛЯКОВ П.В.

Доктор техн. наук, профессор,
профессор Кафедры моделирования
и проектирования энергетических установок
ФГБОУВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»
(ФГБОУВО «НИУ «МЭИ»),
111250, Россия, г. Москва,
e-mail: RoslyakovPV@mpei.ru

СКОБЕЛЕВ Д.О.

Доктор экон. наук,
директор ФГАУ «Научно-исследовательский институт
«Центр экологической промышленной политики»
(ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»),
141006, г. Мытищи, Россия,
e-mail: training@eipc.center

ДОБРОХОТОВА М.В.

Заместитель директора
ФГАУ «Научно-исследовательский институт
«Центр экологической промышленной политики»
(ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»),
141006, г. Мытищи, Россия,
e-mail: M.Dobrokhotova@eipc.center

ГУСЕВА Т.В.

Доктор техн. наук, профессор,
заместитель директора по научной работе
ФГАУ «Научно-исследовательский институт
«Центр экологической промышленной политики»
(ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»),
141006, г. Мытищи, Россия,
e-mail: Tatiana.V.Guseva@gmail.com

Тепловая энергетика представляет собой один из основных источников антропогенных выбросов парниковых газов (ПГ) в атмосферный воздух. В 2020 г. в Российской Федерации суммарные выбросы от сжигания топлива в целях производства энергии составили 819 млн т CO₂-экв. Решения, направленные на снижение выбросов в теплоэнергетике, включают переход от угля к сжиганию природного газа, внедрение парогазовых установок, повышение коэффициента полезного действия при производстве электрической энергии на конденсационных электростанциях (КЭС) за счет внедрения нового оборудования, в том числе с повышенными параметрами пара. Отмечена важность снижения углеродоемкости производства электрической и тепловой энергии с точки зрения сокращения косвенных выбросов парниковых газов для отраслей реального сектора экономики, в первую очередь для металлургии и химической промышленности. Подчеркнуто, что для развития углеродного регулирования необходимо определить приоритетные направления ограничения выбросов и установить отраслевые индикативные показатели. Отмечено, что в России обоснование индикативных показателей осуществляется в результате проведения процедуры отраслевого бенчмаркинга в рамках актуализации информационно-технических справочников (ИТС) по наилучшим доступным технологиям (НДТ). В данной работе для угольных теплоэлектростанций (ТЭС) определены массовые и удельные выбросы CO₂, которые могут быть использованы при актуализации ИТС 38-2022 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии», а также при подготовке углеродной отчетности ТЭС. Определены энергетические угли, сжигание которых сопровождается наибольшими выбросами CO₂. Даны оценки снижения выбросов парниковых газов при внедрении парогазовых установок и паротурбинных установок на сверхкритические параметры пара.

Ключевые слова: генерация энергии, угольные теплоэлектростанции, углеродное регулирование, парниковые газы, углекислый газ, массовые и удельные выбросы, индикативные показатели выбросов.

Для цитирования: Оценка показателей выбросов парниковых газов для угольных теплоэлектростанций в контексте развития углеродного регулирования в Российской Федерации / П.В. Росляков, Д.О. Скобелев, М.В. Доброхотова и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 84-89. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-84-89.

ВВЕДЕНИЕ

Климатическая политика Российской Федерации получила значительное развитие в 2020-х гг.: принят Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» [1], разработана Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [2], выпускаются подзаконные акты и научно-методические документы. Согласно Национальному докладу о кадастре антропогенных выбросов [3], основным источником выбросов ПГ является сектор «Энергетика». Суммарные выбросы парниковых газов при сжигании топлива в 2020 г. составили 1,381 млн т CO_2 -экв или 86,4% по сектору «Энергетика», включающему выбросы от сжигания топлива, его утечек и испарения, а также транспорта и хранения CO_2 , обусловленные добычей, первичной переработкой, транспортировкой и использованием природного топлива (нефть, природный и нефтяной (попутный) газы, уголь, торф и др.) и продуктов его переработки [3]. Спектр исследований, направленных на декарбонизацию этого сектора, достаточно широк как в России, так и за рубежом [4, 5, 6, 7].

Производство электрической и тепловой энергии путем сжигания топлива отнесено в Российской Федерации к областям применения наилучших доступных технологий (НДТ) [8]. В 2017 г. был впервые разработан отраслевой информационный технический справочник (ИТС) по НДТ – ИТС 38-2017 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии» [9]; в 2022 г. ИТС 38 был актуализирован [10]; в июне 2023 г. утверждены технологические показатели выбросов загрязняющих веществ, установленные в ИТС 38-2022. С 2022 г. в российские ИТС НДТ включаются индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов [11]; в ИТС 38 такие показатели должны быть установлены при его следующей актуализации в 2024 г.

Данное исследование посвящено сравнительному анализу выбросов парниковых газов, сопровождающих получение энергии при сжигании угля, и представляет собой работу по подготовке к проведению отраслевого бенчмаркинга и установлению индикативных показателей выбросов в ИТС 38.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Понятие «индикативные показатели» было предложено российскими исследователями в 2021 г., индикативные (ориентировочные) показатели устанавливаются в целях стимулирования снижения углеродоемкости производства [12]; они рассчитываются как удельные величины (для энергетики – в т CO_2 -экв./МВт·ч электроэнергии и т CO_2 -экв./ГДж тепловой энергии). Подходы к установлению бенчмарков – удельных показателей углеродоемко-

сти для разных отраслей промышленности – в течение последнего десятилетия получили распространение во многих странах мира и регионах [13, 14, 15].

Основной парниковый газ, образующийся при сжигании разных видов органического топлива на тепловых электростанциях (ТЭС) и в котельных – это диоксид углерода CO_2 (или углекислый газ), на долю которого приходится 99,9% всех выбросов ПГ [3]. Поэтому далее в тексте статьи выбросы парниковых газов указаны в единицах т CO_2 (в единицу времени, на единицу произведенной энергии, т топлива и пр.). В 2020 г. на 144 российских ТЭС выбросы CO_2 превысили 1 млн т; при этом суммарные годовые выбросы CO_2 от сжигания угля составили 159 млн т [9, 10].

Наиболее реальные на данный момент подходы к снижению выбросов CO_2 – это переход с угля на сжигание природного газа, увеличение доли когенерации тепловой и электрической энергии на ТЭС, внедрение парогазовых установок, повышение коэффициента полезного действия при производстве электрической энергии на конденсационных электростанциях за счет модернизации действующего и внедрения нового оборудования, в том числе с повышенными (супер- и ультракритическими) параметрами пара, вывод из эксплуатации и демонтаж устаревшего неэффективного оборудования [16, 17].

Так, благодаря переводу части котлов на сжигание природного газа, а также увеличению количества новых газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) энергетических установок на российских ТЭС, доля которых в общем объеме установленных мощностей теплоэлектростанций составляет более 20% [9, 10], а также относительно высокой доле гидро- и атомных электростанций углеродоемкость электроэнергии в России в 2001-2021 гг. снизилась до 0,360 т CO_2 /МВт·ч (для сравнения: углеродоемкость электроэнергии в Китае составляет 0,544 т CO_2 /МВт·ч, а в США – 0,379 т CO_2 /МВт·ч) [18]. Углеродоемкость электроэнергии сказывается и на углеродном следе продукции энергоемких отраслей промышленности: прямые выбросы парниковых газов в энергетике определяют их косвенные выбросы в металлургии, химической промышленности, производстве строительных материалов и др. отраслях (см., например, [19]).

По запасам угля (более 400 млрд т) Россия занимает второе место после США. При современном уровне добычи этих запасов, по оценкам Министерства энергетики Российской Федерации, хватит приблизительно на 350 лет [20]. В настоящее время доля угля в топливном балансе российских ТЭС составляет 21,4% [9, 10]; согласно прогнозам, до 2040 г. уголь будет одним из базовых элементов энергетического баланса страны [16, 20].

В Сибирском и Дальневосточном федеральных округах доля углей в топливном балансе ТЭС составляет соответственно около 80% и более 40% [21]. Для функционирующих угольных ТЭС важно в ближайшее время определить угли с минимальным удельным выбросом CO_2 , с тем чтобы их можно было использовать для снижения выбросов парниковых газов на действующем, но не подлежащем в силу своего возраста модернизации оборудовании. Доля такого оборудования, введенного в России в эксплуатацию до 2001 г., составляет около 80% [10].

В порядке обоснования вероятных интервалов значений индикативных показателей выбросов парниковых газов в данной работе определен перечень основных типов углей, используемых в теплоэнергетике; в него вошли 18 антрацитов, бурых и каменных углей (табл. 1). Для них рассчитаны удельные выбросы CO_2 на тонну сжигаемого натурального топлива (т н.т.) и в пересчете на условное топливо с теплотой сгорания $Q_i^r = 29,3$ МДж/кг (т у.т.), потоки выбросов (т CO_2 /ч) для разных типов энергетических установок в зависимости от их входной тепловой мощности (в диапазоне 50–3000 МВт), удельные выбросы CO_2 при производстве электрической (т CO_2 /МВт·ч) и тепловой (т CO_2 /ГДж) энергии. Входная тепловая мощность (МВт) топливосжигающей энергетической установки в соответствии с [9, 10] определялась как произведение низшей теплоты сгорания топлива на рабочую массу Q_i^r (МДж/кг твердого топлива) при работе с номинальной нагрузкой.

Расчет выбросов парниковых газов проводили по балансовым уравнениям в зависимости от состава топлива согласно [22]. Массовые выбросы CO_2 для энергетических установок с разной входной тепловой мощностью определяли по количеству сжигаемого условного топлива; удельные выбросы CO_2 рассчитывали с учетом соответствующих электрических и тепловых КПД для разных типов энергетического оборудования.

Результаты расчетов удельных выбросов CO_2 приведены в табл. 1.

Удельные выбросы CO_2 на тонну натурального топлива возрастают пропорционально увеличению содержания углерода в рабочей массе топлива C^r и теплоты его сгорания Q_i^r . Для российских углей они изменяются в достаточно широких диапазонах 0,882–1,639 т CO_2 /т н.т. для бурых углей и 1,639–2,255 т CO_2 /т н.т. – для каменных углей.

Удельные выбросы CO_2 на тонну условного топлива (т у.т.) в отличие от удельных выбросов на тонну натурального топлива практически не зависят ни от содержания углерода

в рабочей массе топлива C^r , ни от теплоты его сгорания Q_i^r . Полученные диапазоны их значений заметно различаются для бурых и каменных углей и составляют 2,755–2,904 т CO_2 /т у.т. для каменных углей и 2,871–3,308 т CO_2 /т у.т. для бурых углей. Это объясняется тем, что для получения одинакового количества тепловой энергии приходится сжигать большее количество менее калорийного топлива (такого, как бурые угли), чем более калорийного (каменные угли). Наибольшим образованием CO_2 характеризуются бикинский и ерковецкий, а также назаровский и харанорский угли (3,150–3,308 т CO_2 /т у.т. Среди каменных углей наибольшие удельные выбросы углекислого газа наблюдаются при сжигании нерюнгинских углей (2,867–2,904 т CO_2 /т у.т.), а также донецкого АШ (3,115 т CO_2 /т у.т.).

Удельные выбросы CO_2 в пересчете на условное топливо следует принимать во внимание при выборе альтернативных углей в случае замены топлива на ТЭС. Предпочтение следует отдать более калорийным каменным углям, что, однако, не всегда возможно в силу конкретных технических (в части подготовки топлива или условий его сжигания) или экономических ограничений.

Подчеркнем, что в целях снижения углеродоемкости энергетики серьезное внимание необходимо уделять качеству используемых углей. Низкосортные, низкокалорийные и плохообогащаемые угли, сжигание которых сопровождается повышенными удельными выбросами CO_2 , должны постепенно вытесняться из топливного баланса ТЭС. Это потребует изменения стратегий угольных компаний. Отметим, что в 2008–2022 гг. в России масштабы обогащения энергетического угля увеличились более чем в два раза: в строй введены 17 новых обогатительных фабрик и установок, 10 из них – для переработки энергетического угля [20].

В контексте установления отраслевых индикативных выбросов парниковых газов удельные выбросы CO_2 следует пересчитать на единицу произведенной электрической энергии (т CO_2 /МВт·ч). При одинаковых значениях КПД

Таблица 1

Характеристики российских энергетических углей и расчетные удельные выбросы CO_2

Топливо	Содержание в рабочей массе		Низшая теплота сгорания Q_i^r , МДж/кг	Удельные выбросы CO_2	
	Углерода C^r , %	Водорода H^r , %		т CO_2 /т н.т.	т CO_2 /т у.т.
Бикинский 1Б	23,8	1,9	7,83	0,882	3,307
Павловское 1Б	25,7	2,3	9,13	0,953	3,063
Артемовский 3Б	29,4	2,5	11,14	1,090	2,871
Харанорский 1Б	33,5	2,2	11,39	1,242	3,200
Ерковецкий 2Б	35,0	2,0	11,51	1,298	3,308
Назаровский 2Б	37,2	2,5	12,85	1,380	3,150
Шоптыкольское 3Б	41,6	3,0	15,62	1,543	2,897
Березовский 2Б	44,2	3,1	15,66	1,639	3,071
Ирша-Бородинский 2Б	42,6	3,0	15,28	1,580	3,033
Интинский Д	44,2	2,9	16,87	1,639	2,850
Экибастузский СС	44,8	3,0	17,38	1,662	2,804
Воркутинский Ж	52,6	3,3	20,77	1,951	2,755
Кузнецкий Д	56,4	4,0	21,90	2,092	2,802
Нерюнгринский К	57,6	3,1	21,86	2,136	2,867
Нерюнгринский ЗСС	60,0	3,0	22,48	2,226	2,904
Кузнецкий Г	60,1	4,2	23,57	2,229	2,774
Кузнецкий 1СС	60,8	3,6	23,40	2,255	2,827
Донецкий АШ	52,2	1,0	18,23	1,936	3,115

энергетической установки этот показатель не зависит от мощности установки и полностью определяется видом и характеристиками сжигаемого топлива.

Увеличение КПД КЭС при сжигании одного и того же топлива позволяет несколько снизить массовые (т/ч) и удельные (т/МВт·ч) выбросы CO₂. Снижение последних, согласно расчетным оценкам, может варьироваться в диапазоне 2,3-2,6% на 1% повышения электрического КПД независимо от вида топлива. Следовательно, переход пылеугольных КЭС со сверхкритических параметров пара (СКД: 25 МПа/545°C) на суперкритические параметры (СКП: 30 МПа/600°C) позволит увеличить электрический КПД с 36 до 44% [16], т.е. почти на 8%. Таким образом при переходе на СКП удельные выбросы CO₂ (т/МВт·ч) при сжигании углей могут быть снижены на 18-20%.

Надежно оценить удельные выбросы CO₂ при производстве тепловой энергии (т CO₂/ГДж) можно только для отопительных и производственно-отопительных котельных и районных тепловых станций (РТС), производящих тепловую энергию в виде пара и горячей воды. Область применения ИТС 38-2022 распространяется на котлы с входной тепловой мощностью от 50 МВт [9, 10]. Поэтому в данной работе рассмотрены отечественные котлы с входной тепловой мощностью 50-210 МВт. В расчетах тепловые КПД угольных котлов в соответствии с их паспортными данными приняты равными 88% [23]. Удельные выбросы ПГ (т CO₂/ГДж) для одного и того же топлива в случае его сжигания в котлах разной мощности с одинаковым КПД не зависят от тепловой мощности котла; величину

массовых выбросов напрямую определяет тепловая мощность котла.

Результаты расчетов приведены в *табл. 2*.

Расчетные удельные выбросы CO₂ на единицу произведенной тепловой энергии при сжигании различных углей варьируют в интервале 0,108-0,128 т CO₂/ГДж. Наибольшие удельные выбросы характерны для сжигания бурых углей. При сжигании каменных углей удельные выбросы CO₂ изменяются в более узком интервале (0,107-0,113 т CO₂/ГДж). Из них наименьшие удельные выбросы соответствуют воркутинскому углю, а наибольшие – нерюнгинскому ЗСС. По этому показателю антрациты находятся ближе к бурым углям (0,121 т CO₂/ГДж).

Сравнение расчетных данных показывает, что массовые (т/ч) и удельные (в т CO₂/МВт·ч и т CO₂/ГДж) выбросы CO₂ при одинаковой мощности установок существенно меньше у отопительных котлов по сравнению с котлами конденсационных установок из-за значительной разницы в их КПД. Это еще раз подтверждает, что использование топлива для когенерации на ТЭЦ в силу более высокой эффективности использования теплоты является одним из доступных и эффективных практических мероприятий, позволяющих снизить выбросы парниковых газов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с принятием Стратегии низкоуглеродного развития России в ближайшее время необходимо обеспечить разработку и реализацию эффективных мер по снижению выбросов парниковых газов; задачи в этой области, безусловно, встанут перед теплоэнергетикой.

Таблица 2

Выбросы CO₂ при производстве тепловой энергии в пылеугольных котлах

Тип котла	КВ-ТК-50	КВ-ТК-100	КВ-ТК-50/100
Номинальная тепловая мощность, МВт	58,15	116,3	58,15–116,3
Расход условного топлива, т у.т./ч	8,119	16,238	–
Тепловой КПД	88 %		
Количество произведенной тепловой энергии, ГДж в год	1833818	3667637	–
Выбросы CO ₂ при сжигании топлива	Массовый выброс (поток), т CO ₂ /ч		Удельный выброс, т CO ₂ /ГДж
Бикинский 1Б	26,850	53,700	0,128
Павловское 1Б	24,869	49,738	0,119
Артемовский 3Б	23,310	46,620	0,111
Харанорский 1Б	25,981	51,962	0,124
Ерковецкий 2Б	26,858	53,716	0,128
Назаровский 2Б	25,575	51,150	0,122
Шоптыкольское 3Б	23,521	47,042	0,112
Березовский 2Б	24,933	49,866	0,119
Ирша-Бородинский 2Б	24,625	49,250	0,118
Интинский Д	23,139	46,278	0,111
Экибастузский СС	22,766	45,532	0,109
Воркутинский Ж	22,368	44,736	0,107
Кузнецкий Д	22,750	45,500	0,109
Нерюнгринский К	23,277	46,554	0,111
Нерюнгринский ЗСС	23,578	47,156	0,113
Кузнецкий Г	22,522	45,044	0,107
Кузнецкий 1СС	22,952	45,904	0,110
Донецкий АШ	25,290	50,580	0,121

Для угольных ТЭС практические пути сокращения выбросов включают повышение коэффициента полезного действия за счет модернизации действующего и внедрения нового оборудования, в том числе с повышенными параметрами пара, вывод из эксплуатации и демонтаж устаревшего неэффективного оборудования, а также выбор более калорийного топлива.

Переход пылеугольных КЭС со сверхкритических параметров пара (СКД: 25 МПа/545°C) на суперкритические параметры (СКП: 30 МПа /600°C) позволит за счет более высокого КПД снизить удельные выбросы парниковых газов (т CO₂/МВт·ч) на 18–20 %. Качеству используемых углей следует уделить значительное внимание: низкосортные и низкокалорийные угли, сжигание которых сопровождается повышенными удельными выбросами CO₂, должны постепенно вытесняться из топливного баланса ТЭС.

Результаты проведенных расчетов массовых и удельных выбросов CO₂ для разных типов угля и различных энергетических установок могут быть использованы при проведении отраслевого

бенчмаркинга и установлении индикативных показателей выбросов парниковых газов при актуализации ИТС 38-2022 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии». Ожидается, что эти показатели получат применение для принятия решений о стимулировании снижения углеродоемкости производства энергии на российских ТЭС.

Список литературы

1. Об ограничении выбросов парниковых газов: Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения: 15.08.2023).
2. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 № 3052-р. [Электронный ресурс]. URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ (дата обращения: 15.08.2023).
3. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.igce.ru/performance/publishing/reports/> (дата обращения: 15.08.2023).
4. 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.
5. Fedash A.V., Vartanov A.Z., Petrov I.V. Problems of Innovative Development of the Fuel and Energy Industry in Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 206. P. 012015. DOI: 10.1088/1755-1315/206/1/012015.
6. Yin Hai Fang, Haiyan Xu. Research on Decarbonization Pathway of China's Coal-Fired Power Industry from the Perspective of Conflict Mediation // Frontiers of Environmental Science. 2022. Vol. 10. DOI: 10.3389/fenvs.2022.930322.
7. Aliabadi D.E. Decarbonizing Existing Coal-Fired Power Stations Considering Endogenous Technology Learning: A Turkish Case Study // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 261. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121100.
8. Об утверждении перечня областей применения наилучших доступных технологий: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.12.2014 № 2674-р. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420242884#6540IN> (дата обращения: 15.08.2023).
9. Росляков П.В., Кондратьева О.Е., Боровкова А.М. Нормативно-правовое и методическое обеспечение перехода на наилучшие доступные технологии в теплоэнергетике // Теплоэнергетика. 2018. № 5. С. 85-92. DOI: 10.1134/S0040363618050107.
10. ИТС 38-2022 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии».
11. Доброхотова М.В. Особенности перехода российской угольной промышленности к наилучшим доступным технологиям // Уголь. 2022. № 9. С. 34-40. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-34-40.
12. Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии / И.А. Башмаков, Д.О. Скобелев, К.Б. Борисов и др. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2021. Т. 77. № 9. С. 1071-1086. DOI: 10.32339/0135-5910-2021-9-1071-1086.
13. Prospective Sectoral GHG Benchmarks Based on Corporate Climate Mitigation Targets / A.-F. Bolay, A. Bjørn, O. Weber et al. // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 376. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134220.
14. Lopin Kuo, Bao-Guang Chang. Ambitious Corporate Climate Action: Impacts of Science-Based Target and Internal Carbon Pricing on Carbon Management Reputation – Evidence from Japan // Sustainable Production and Consumption. 2021. Vol. 27. P. 1830-1840. DOI: 10.1016/j.spc.2021.04.025.
15. Assessment on the Energy Flow and Carbon Emissions of Integrated Steelmaking Plants / Huachun He, Hongjun Guan, Xiang Zhu et al. // Energy Reports. 2017. Vol. 3. P. 29-36. DOI: 10.1016/j.egyr.2017.01.001.
16. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года. М.: Минэнерго России, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456026524?ysclid=ler5yixiho947857367> (дата обращения: 15.08.2023).
17. Improve Technical Efficiency of China's Coal-Fired Power Enterprises: Taking a Coal-Fired-Withdrawal Context / Gao Li, Li Ruonan, Mei Yingdan et al. // Energy. 2022. Vol. 252. P. 123979. DOI: 10.1016/j.energy.2022.123979.
18. Global Change Data Lab. URL: <https://ourworldindata.org/organization> (дата обращения: 15.08.2023).
19. Suer J., Ahrenhold F., Traverso M. Carbon Footprint and Energy Transformation Analysis of Steel Produced via a Direct Reduction Plant with an Integrated Electric Melting Unit // Journal of Sustainable Metallurgy. 2022. Vol. 8. P. 1532-1545. DOI: 10.1007/s40831-022-00585-x.
20. Доклад о ходе реализации в 2021 году мероприятий Программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года от 01.06.2022 № СМ-7541/12. [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/433> (дата обращения: 15.08.2023).
21. Информационно-аналитический доклад «О состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2020 году». М.: Российское энергетическое агентство, 2021.
22. Кузнецов Н.В., Дубовский И.Е., Митор В.В. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Минск: Эколит, 2020.
23. Роддатис К.Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. М.: Энергоатомиздат, 1989.

Original Paper

UDC 621.182.001.33 (072):662.6 © P.V. Roslyakov, D.O. Skobelev, M.V. Dobrokhotova, T.V. Guseva, 2023
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 84-89
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-84-89>

Title

ASSESSING GREENHOUSE GAS EMISSIONS FOR COAL-FIRED POWER PLANTS IN THE CONTEXT OF CARBON REGULATION DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION

Authors

Roslyakov P.V.¹, Skobelev D.O.², Dobrokhotova M.V.², Guseva T.V.²

¹ National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (MPEI), Moscow, 111250, Russian Federation

² Federal State Autonomous Institution "Research Institute "Environmental Industrial Policy Center" (EIPC), 141006, Mytishchi, Russian Federation

Authors Information

Roslyakov P.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department for Modelling and Project Design of Energy Generation Units, e-mail: RoslyakovPV@mpei.ru

Skobelev D.O., Doctor of Economic Sciences, Director, e-mail: training@eipc.center

Dobrokhotova M.V., Deputy Director, e-mail: M.Dobrokhotova@eipc.center

Guseva T.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director (Research), e-mail: Tatiana.V.Guseva@gmail.com

Abstract

Heat and power industry is one of the key contributors to anthropogenic greenhouse gas emissions. Total emissions from fuel combustion for energy generation in the Russian Federation amounted to 819 million tons of CO₂-eq in 2020. Emission reducing solutions applied by the heat and power sector include the transition from coal to natural gas as main fuel for combustion, the introduction of combined cycle plants, increasing the efficiency factor for electricity generated at condensing power plants (CPPs) by installing new equipment with increased steam parameters. It is emphasized that to reduce indirect greenhouse gas emissions in the real sector of economy, first – in metallurgy and chemical industry, it is important to decrease direct emissions in electric and thermal energy generation sector. It is pointed out that carbon regulation development requires the identification of priority areas for limiting emissions and setting sectoral indicative parameters. It should be noted that Russian approach to the substantiation of indicative parameters has the form of the industry benchmarking procedure performed during the process of updating Reference Documents (BREF) on Best Available Techniques (BAT). The paper determines mass and specific CO₂ emissions for coal-fired thermal power plants (TPPs). Obtained data can be used for reviewing BREF 38-2022 "Fossil Fuel Combustion for Production of Energy by Large Plants", as well as for thermal power plant carbon reporting. The authors identified thermal coal types with the highest CO₂ emissions and assessed the potential for reducing greenhouse gas emissions after introduction of combined-cycle plants and steam turbine plants for supercritical steam parameters.

Keywords

Energy generation, Coal-fired thermal power plants, Carbon regulation, Greenhouse gases, Carbon dioxide, Mass and specific air emissions, Indicative air emission parameters.

References

1. Federal Law No 296-FZ of 02.07.2021 "On Limiting Greenhouse Gas Emissions". [Electronic resource]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
2. Executive Order of the Government of the Russian Federation No 3052-r of 29.10.2021 "On Approval of the Strategy of Socio-Economic Development of the Russian Federation with Low Greenhouse Gas Emissions until 2050". [Electronic resource]. Available at: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
3. The National Report of the Russian Federation on the Inventory of the Anthropogenic Emissions and Sinks of Greenhouse Gases Not Controlled by the Montreal Protocol. [Electronic resource]. Available at: <http://www.igce.ru/performance/publishing/reports/> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
4. 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.
5. Fedash A.V., Vartanov A.Z. & Petrov I.V. Problems of Innovative Development of the Fuel and Energy Industry in Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, (206), 012015. DOI: 10.1088/1755-1315/206/1/012015.

6. Yin Hai Fang & Haiyan Xu. Research on Decarbonization Pathway of China's Coal-Fired Power Industry from the Perspective of Conflict Mediation. *Frontiers of Environmental Science*, 2022, (10). DOI: 10.3389/fenvs.2022.930322.
7. Aliabadi D.E. Decarbonizing Existing Coal-Fired Power Stations Considering Endogenous Technology Learning: A Turkish Case Study. *Journal of Cleaner Production*, 2020, (261). DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121100.
8. Executive Order of the Government of the Russian Federation No 2674-r of 24.12.2014 "On Approval of the List of Areas of Application of the Best Available Techniques". [Electronic resource]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420242884#6540IN> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
9. Roslyakov P.V., Kondrat'eva O.E. & Borovkova A.M. Regulatory and Methodical Support of the Transition to the BATs in Heat Power Engineering. *Thermal Engineering*, 2018, (65), pp. 317–323. (In Russ.) DOI: 10.1134/S0040601518050105.
10. BREF 38-2022 "Fuel Combustion at Large Installations for Energy Production". (In Russ.).
11. Dobrokhotova M.V. Specific Features of the Russian Coal Industry's Transition to the Best Available Techniques. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 34–40. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-34-40.
12. Bashmakov I.A., Skobelev D.O., Borisov K.B. & Guseva T.V. Benchmarking Systems for Greenhouse Gases Specific Emissions in Steel Industry. *Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*, 2021, Vol. 77, (9), pp. 1071–1086. (In Russ.). DOI: 10.32339/0135-5910-2021-9-1071-1086.
13. Bolay A.-F., Bjørn A., Weber O. & Margni M. Prospective Sectoral GHG Benchmarks Based on Corporate Climate Mitigation Targets. *Journal of Cleaner Production*, 2022, (376). DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134220.
14. Lopin Kuo, Bao-Guang Chang. Ambitious Corporate Climate Action: Impacts of Science-Based Target and Internal Carbon Pricing on Carbon Management Reputation – Evidence from Japan. *Sustainable Production and Consumption*, 2021, (27), pp. 1830–1840. DOI: 10.1016/j.spc.2021.04.025.
15. Huachun He, Hongjun Guan, Xiang Zhu & Haiyu Lee. Assessment on the Energy Flow and Carbon Emissions of Integrated Steelmaking Plants. *Energy Reports*, 2017, (3), pp. 29–36. DOI: 10.1016/j.egy.2017.01.001.
16. Forecast of Scientific and Technological Development of Branches of the Fuel and Energy Complex of Russia for the Period up to 2035. Moscow, Ministry of Energy of Russian Federation, 2016. [Electronic resource]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/456026524?ysclid=ler5yixiho947857367> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
17. Gao Li, Li Ruonan, Mei Yingdan & Zhao Xiaoli. Improve Technical Efficiency of China's Coal-Fired Power Enterprises: Taking a Coal-Fired-Withdrawal Context. *Energy*, 2022, (252), 123979. DOI: 10.1016/j.energy.2022.123979.
18. Global Change Data Lab. [Electronic resource]. Available at: <https://our-worldindata.org/organization> (accessed 15.08.2023).
19. Suer J., Ahrenhold F. & Traverso M. Carbon Footprint and Energy Transformation Analysis of Steel Produced via a Direct Reduction Plant with an Integrated Electric Melting Unit. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 2022, (8), pp. 1532–1545. DOI: 10.1007/s40831-022-00585-x.
20. Report on the Implementation in 2021 of the Activities of the Russian Coal Industry Development Program for the Period up to 2035 No CM-7541/12 of 01.06.2022. [Electronic resource]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/433> (accessed 15.08.2023). (In Russ.).
21. Information and Analytical Report "On the State of Heat Power and District Heating in Russian Federation in 2020". Moscow, Russian energy agency Publ., 2021. (In Russ.).
22. Kuznetsov N.V., Dubovskiy I.E. & Mitor V.V. Thermal calculation of boiler units. The normative method. Minsk, Ecolit Publ., 2020. (In Russ.).
23. Roddatis K.F. & Poltaretskiy A.N. Handbook of low-capacity boiler plants. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1989. (In Russ.).

For citation

Roslyakov P.V., Skobelev D.O., Dobrokhotova M.V. & Guseva T.V. Assessing greenhouse gas emissions for coal-fired power plants in the context of carbon regulation development in the Russian Federation. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 84–89. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-84-89.

Paper info

Received August 4, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Определение состава отходов углеперерабатывающего предприятия ПАО ЦОФ «Березовская»*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-90-95>

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор хим. наук, профессор,
директор Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

ПИЛИН М.О.

Старший преподаватель
Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: pilinmo@kuzstu.ru

ТИХОМИРОВА А.В.

Канд. хим. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: tav.htnv@kuzstu.ru

БАРАНЦЕВ Д.А.

Ассистент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kemche@yandex.ru

В данной работе рассматриваются отходы углеобогащения предприятия ПАО ЦОФ «Березовская». Определен элементный состав отходов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Исследования показали наличие в составе отходов углеобогащения редких и редкоземельных элементов, что свидетельствует о возможности и перспективности комплексной переработки отходов с последовательным извлечением данных компонентов.

Ключевые слова: уголь, золошлаки, угольные шламы, элементный анализ, редкие и редкоземельные элементы.

Для цитирования: Определение состава отходов углеперерабатывающего предприятия ПАО ЦОФ «Березовская»/ Т.Г. Черкасова, М.О. Пилин, А.В. Тихомирова и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 90-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-90-95.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем человеческого общества является проблема рационального освоения минеральных ресурсов, в том числе и металлических полезных ископаемых, особенно ценных редких и цветных металлов, с учетом роста потребностей металлургии, машиностроительного комплекса и связанных с ними областей науки и техники. Металлургическая промышленность, несмотря на все большее применение в мире различных искусственных материалов, продолжает активно развиваться и в XXI в. В связи с развитием авиационной и космической техники, электроники и т.д. повышен спрос на многие цветные и редкие металлы, а также востребованы сплавы этих металлов с черными металлами. Поэтому так актуален прирост минерально-сырьевой базы (МСБ) металлических полезных ископаемых.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Значительный рост объемов обогащения угля сопровождается образованием большого количества отходов – около 10 млн т в год. Отходы углеобогащения (ОУО) и угледобычи – это шахтные породы, «хвосты» обогатительных фабрик. Они, как правило, содержат некоторое количество угля и глинистого компонента [1, 2, 3].



Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Исследование выполнено за счет гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1194).

При этом в настоящее время и в мире, и в Российской Федерации наблюдается истощение основных запасов месторождений многих цветных и редких металлов (свинец, цинк, титан, цирконий, скандий и др.). В связи с этим ощущается дефицит минерального сырья для цветной металлургии и для ряда других отраслей промышленности (атомная, электронная, авиационная, космическая и т.д.). Многие известные месторождения в большинстве своем уже выработаны. Кроме того, снижается качество добываемых руд, ухудшаются горно-геологические и экономико-географические условия эксплуатации месторождений [4].

Проблема обеспечения промышленности цветными и редкими металлами в РФ усугубляется из-за сложной социально-экономической ситуации. По потреблению металлов, особенно редких, Россия значительно отстает от развитых стран. При этом по мере стабилизации и роста экономики страны ожидается, что рост потребности металлургических предприятий России в сырье будет обусловлен прежде всего увеличением спроса на металлопродукцию на внутреннем рынке (вследствие ожидаемого оживления производства в отраслях-металлопотребителях) при сравнительно стабильных объемах экспорта.

Отечественные горные предприятия ежегодно складывают на поверхности около 5 млрд т вскрышных и отвальных пород, и примерно 700 млн т поставляют в отвалы обогатительные фабрики. В настоящее время в Российской Федерации накоплено около 80 млрд т отходов, в том числе более 2 млрд т золы ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС, шлаков черной и цветной металлургии. Эти объекты являются уникальным источником многих ценных редких металлов. Основной источник получения германия – зола ТЭЦ. Кроме того, из техногенных месторождений получают (методом выщелачивания) цветные металлы. Например, из отвалов извлекается до 30% меди. Таким образом, эксплуатация техногенных месторождений позволяет поддерживать требуемый уровень производства металлов даже при значительном снижении объемов добычи металлических руд.

В состав отходов углеобогащения входят небольшие количества редких и редкоземельных элементов (РиРЗЭ), для извлечения которых необходимы высокоселективные технологии, причем при извлечении комплекса РЗЭ, редких и благородных металлов повышается рентабельность отходов углепереработки. На данный момент монополистом на рынке РиРЗЭ является Китай. В России извлека-

ют только 2% этих ценнейших компонентов. Увеличение темпов роста производства в РФ существенно отстают от предложения.

Редкие, редкоземельные и рассеянные элементы в промышленно значимых концентрациях имеются во всех угледобывающих районах Кузбасса. Так, например, в среднем в кузнецких углях присутствуют: редкоземельные элементы, ниобий, иттрий, цирконий, серебро, золото, стронций, ванадий и др. Извлечением полезных компонентов с высокой добавленной стоимостью, с учетом извлечения РиРЗЭ, в совокупности из техногенного сырья можно перерабатывать до 1/3 от общей массы отходов.

Для выявления того, какие именно отходы пригодны к переработке и выделению редких и редкоземельных элементов, необходимо проводить исследование содержания в них этих элементов. Не каждая концентрация пригодна для выделения без дополнительного концентрирования. Минимальные содержания малых элементов определяют возможную их промышленную значимость как источников рудного сырья [5, 6, 7]. В работе в качестве метода определения элементного состава отходов углеобогащения применялся «метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой»

ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) в последние годы занял главенствующее положение среди инструментальных методов многоэлементного анализа геологических образцов благодаря экспрессности, высокой инструментальной чувствительности и широкому развитию инструментальной базы [8].

Количественное определение элементов в составе образцов отходов осуществлялось на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500cx (Agilent Technologies, USA) с октопольной реакционно/столкновительной ячейкой (ORS). Мощность генератора плазмы – 1400 Вт. Введение проб выполнялось через двухканальную распылительную камеру при температуре 2,0°C. Диаметр инжекторной трубки плазменной горелки масс-спектрометра составлял 2,5 мм. Скорость подачи образца в распылительную камеру составляла 0,4 мл/мин. Для горения плазмы использовался жидкий аргон высокой чистоты – 99,998% (ТУ-2114-005-00204760-99) со скоростью подачи до 20 л/мин [9].

Таблица 1

Образцы отходов углепереработки

Samples of coal processing waste

Образец	Размерность	Примечание
БФ-1	0-0,5	Отходы ФПО АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский
БФ-2	0,5-13	Промпродукт АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский
БФ-3	+13	Промпродукт АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский
БФ-4	+13	Порода АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский
БФ-5	0,5-13	Порода АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский
БФЗ-1	–	Отходы ФПО АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания)
БФЗ-2	–	Промпродукт АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания)
БФЗ-3	–	Промпродукт АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания)
БФЗ-4	–	Порода АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания)
БФЗ-5	–	Порода АО ЦОФ «Березовская» пгт. Березовский (после сжигания)

Элементный состав отходов углеобогащения ПАО ЦОФ «Березовская»
 Element composition of coal processing wastes of the Berезovskaya Central Concentrating Mill

Элемент	БФ-1	БФ-2	БФ-3	БФ-4	БФ-5
	X	X	X	X	X
Литий (Li)	54	35	23	19	19
Бериллий (Be)	2,3	2,1	1,06	1,9	2,4
Скандий (Sc)	10,8	11,9	6,7	10,4	12,3
Титан (Ti)	3065	2864	255	3893	3847
Ванадий (V)	60	64	38	62	72
Хром (Cr)	34	36	17,7	43	50
Марганец (Mn)	347	483	294	1049	666
Кобальт (Co)	8,6	9,4	6,7	7,7	11,4
Никель (Ni)	14,3	17,2	6,3	17,3	21
Медь (Cu)	19	34	10,7	23	28
Цинк (Zn)	22	45	11,4	9,1	13,6
Галлий (Ga)	11,8	8,7	5,1	8,3	10,6
Рубидий (Rb)	79	72	46	76	97
Стронций (Sr)	455	269	127	251	329
Иттрий (Y)	25	27	11,6	22	22
Цирконий (Zr)	162	176	89	166	169
Ниобий (Nb)	9,2	9,5	4,0	12,2	10,1
Молибден (Mo)	1,8	2,3	1,7	1,3	2,1
Цезий (Cs)	5,4	4,7	3,5	4,9	6,3
Барий (Ba)	875	614	113	523	700
Лантан(La)	33	30	14,9	33	35
Церий (Ce)	60	55	26	60	63
Празеодим (Pr)	7,1	6,6	3,4	7,1	7,4
Неодим (Nd)	30	29	13,2	30	32
Самарий (Sm)	5,7	5,5	2,3	5,4	5,7
Европий (Eu)	1,16	1,05	0,49	1,02	1,16
Гадолиний (Gd)	4,6	4,4	1,9	4,3	4,5
Тербий (Tb)	0,76	0,77	0,37	0,67	0,69
Диспрозий(Dy)	3,9	4,1	1,7	3,4	3,5
Гольмий (Ho)	0,88	0,93	0,39	0,77	0,77
Эрбий (Er)	2,5	2,6	1,12	2,2	2,2
Тулий (Tm)	0,38	0,42	0,18	0,35	0,35
Иттербий (Yb)	2,9	3,1	1,4	2,7	2,7
Лютеций (Lu)	0,37	0,41	0,17	0,34	0,35
Гафний (Hf)	3,7	4,0	2,1	4,0	3,9
Тантал (Ta)	0,75	0,77	<0,001	1,00	0,80
Таллий (Tl)	0,54	0,47	0,0045	0,43	0,52
Свинец (Pb)	18,2	20	10,0	18,6	18,7
Торий(Th)	10,3	9,8	5,1	10,0	9,8
Уран (U)	3,0	3,0	1,8	3,2	3,2
Германий (Ge)	0,46	0,43	0,0015	0,60	0,68
Селен (Se)	2,1	2,3	0,86	2,0	2,1
Рутений (Ru)	0,041	0,015	0,013	0,036	0,0029
Палладий (Pd)	0,62	0,39	0,61	0,39	0,48
Серебро (Ag)	0,09	0,071	0,034	0,074	0,072
Кадмий (Cd)	0,11	0,13	0,008	3,2	5,4
Олово(Sn)	1,8	1,7	0,65	79	137
Сурьма (Sb)	0,90	0,73	0,48	3,0	4,0
Теллур (Te)	0,033	0,043	0,020	0,032	0,060
Вольфрам (W)	1,04	0,99	0,67	1,3	1,02
Платина (Pt)	0,068	0,068	0,0073	0,068	0,075
Золото (Au)	0,074	0,060	0,0053	0,10	0,078
Висмут (Bi)	0,042	0,017	0,0026	0,40	0,15

X — массовая доля, млн⁻¹

Элементный состав отходов углеобогащения ПАО ЦОФ «Березовская» после сжигания

Element composition of coal processing wastes of the Berезovskaya Central Concentrating Mill upon incineration

Элемент	БФЗ-1	БФЗ-2	БФЗ-3	БФЗ-4	БФЗ-5
	X	X	X	X	X
Литий (Li)	74	42	60	23	25
Бериллий (Be)	3,4	3,5	2,5	2,3	3,0
Скандий (Sc)	15,6	18,9	15,9	12,5	15,9
Титан (Ti)	4472	4581	2967	4818	4991
Ванадий (V)	88	109	91	74	93
Хром (Cr)	80	82	54	53	71
Марганец (Mn)	522	554	1463	1263	923
Кобальт (Co)	13,7	14,8	15,3	9,0	15,0
Никель (Ni)	29	25	62	53	27
Медь (Cu)	50	43	225	121	38
Цинк (Zn)	1,7	13,1	1155	438	37
Галлий (Ga)	16,4	12,1	11,5	10,3	13,8
Рубидий (Rb)	115	148	108	95	125
Стронций (Sr)	672	429	993	317	381
Иттрий (Y)	36	41	27	27	28
Цирконий (Zr)	236	293	211	199	236
Ниобий (Nb)	13,5	14,2	9,6	15,1	13,4
Молибден (Mo)	2,9	3,1	4,3	1,6	2,9
Цезий (Cs)	7,9	9,4	8,3	6,1	8,0
Барий (Ba)	1226	785	1046	650	907
Лантан(La)	48	48	35	41	45
Церий (Ce)	88	86	61	73	81
Празеодим (Pr)	10,4	10,2	7,1	8,6	9,5
Неодим (Nd)	45	44	31	36	40
Самарий (Sm)	8,4	8,2	5,6	6,6	7,3
Европий (Eu)	1,7	1,6	1,16	1,3	1,5
Гадолиний (Gd)	6,7	6,8	4,4	5,2	5,8
Тербий (Tb)	1,10	1,14	0,75	0,81	0,89
Диспрозий(Dy)	5,7	6,1	4,1	4,2	4,5
Гольмий (Ho)	1,3	1,4	0,93	0,94	1,00
Эрбий (Er)	3,5	4,0	3,2	2,6	2,8
Тулий (Tm)	0,54	0,64	0,43	0,43	0,46
Иттербий (Yb)	4,1	4,9	3,4	3,3	3,5
Лютеций (Lu)	0,52	0,63	0,43	0,42	0,45
Гафний (Hf)	5,2	6,7	5,0	4,8	5,0
Тантал (Ta)	1,10	1,14	0,72	1,17	1,04
Таллий (Tl)	1,20	0,67	0,18	0,54	0,68
Свинец (Pb)	4,6	16,7	6,9	21	25
Торий(Th)	14,3	15,7	10,9	12,0	12,7
Уран (U)	4,3	4,7	4,2	3,7	4,1
Германий (Ge)	0,72	0,66	0,55	0,69	0,82
Селен (Se)	9,1	2,9	1,9	2,1	2,3
Рутений (Ru)	0,056	0,015	0,11	0,061	0,008
Палладий (Pd)	0,93	0,59	1,4	0,44	0,54
Серебро (Ag)	0,71	0,17	0,086	0,09	0,14
Кадмий (Cd)	0,80	12,0	0,053	0,11	1,01
Олово(Sn)	1,3	3,0	0,87	1,2	27
Сурьма (Sb)	1,7	1,3	0,90	0,61	1,7
Теллур (Te)	0,009	0,045	0,043	0,047	0,047
Вольфрам (W)	1,7	1,5	2,2	2,0	1,8
Платина (Pt)	0,09	0,12	0,09	0,082	0,084
Золото (Au)	0,12	0,11	0,076	0,12	0,16
Висмут (Bi)	1,10	0,62	0,10	0,55	0,32

X — массовая доля, млн⁻¹

Объекты испытаний: образцы золошлаковых отходов угольных ТЭЦ и ЦОФ представлены в *табл. 1*

Данные по определению элементного состава отходов углеобогащения до и после сжигания представлены в *табл. 2, табл. 3*.

ВЫВОДЫ

При сравнении содержаний РнРЗЭ в отходах углестройки с промышленно значимыми концентрациями в углях можно сделать следующие выводы:

- в отходах углеобогащения ЦОФ «Березовская» выявлены промышленно значимые концентрации Yb, Ba, Y, Zr, Nb, Au, Pt, Pd, Sn, Se, Ti. Близки к промышленно значимым концентрациям V и Ga;
- в озоленных отходах ЦОФ «Березовская» выявлены промышленно значимые концентрации Se, Pt, Pd, Au. Близки к промышленно значимым концентрациям Yb, Rb, Y, Zn;
- к сожалению, нет данных по минимально возможному промышленно значимому содержанию редкоземельных элементов помимо лантана и иттербия, однако все эти элементы присутствуют в отходах и могут быть выделены в сумме. Их концентрации пригодны для концентрирования. Особенно хочется отметить достаточно высокие значения содержания особо ценных РЗЭ иттриевой группы.

Список литературы

1. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии. Новокузнецк: Издательство СибГИУ, 2009. 287 с.
2. Якутин В.П., Агроскин А.А. Использование отходов обогащения углей. М.: Недра, 1978. 167 с.
3. Шпирт М.Я., Рубан В.А., Иткин Ю.В. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей. М.: Недра, 1990. 224 с.
4. Салихов В.А. Экономическая оценка и комплексное использование попутных полезных компонентов углей и золошлаковых отходов углей (на примере Кемеровской области). Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 2013. 224 с.
5. Рашевский В.В., Артемьев В.Б., Силютин С.А. Качество углей ОАО «СУЭК». М.: Кучково поле, 2011. 576 с.
6. Выделение концентратов редких и редкоземельных элементов из золошлаковых отходов Кузбасса / Т.Г. Черкасова, И.В. Исакова, А.В. Тихомирова и др. // Вестник КузГТУ. 2021. № 2. С. 35-39.
7. Определение промышленно значимых кондиций редких элементов в золошлаковых отходах Кузбасса / Т.Г. Черкасова, И.В. Исакова, А.В. Тихомирова и др. // Вестник КузГТУ. 2021. № 5. С. 37-44.
8. Методические особенности многоэлементного анализа горных пород методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой / Я.В. Бычкова, М.Ю. Синецын, Д.Б. Петренко и др. // Вестник Московского университета. Серия. 4. Геология. 2016. № 6.
9. Аналитические подходы к количественному определению содержаний химических элементов в углях и углистых породах с использованием методов ИСП-МС и ИНАА / Н.В. Зарубина, М.Г. Блохин, Д.С. Остапенко и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 3. С. 99-112.

Original Paper

UDC 662.613.654.1:669.85 © T.G. Cherkasova, M.O. Pilin, A.V. Tikhomirova, D.A. Barancev, 2023
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 90-95
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-90-95>

Title

DETERMINATION OF COMPOSITION OF COAL PROCESSING WASTES OF THE BEREZOVSKAYA CENTRAL CONCENTRATING MILL

Authors

Cherkasova T.G.¹, Pilin M.O.¹, Tikhomirova A.V.¹, Barancev D.A.¹

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Cherkasova T.G., Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Director of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Pilin M.O., Senior lecturer of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: pilinmo@kuzstu.ru

Tikhomirova A.V., PhD (Chemistry), Associate Professor, Associate Professor of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: tav.htnv@kuzstu.ru

Barancev D.A., Assistant, of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: kemche@yandex.ru

Annotation

In this paper we consider coal preparation waste from the enterprise "Berezovskaya". The elemental composition of the waste was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry. Studies have shown the presence of rare and rare earth elements in the composition of coal enrichment waste, which indicates the possibility and prospects of complex waste processing with the consistent extraction of these components.

Keywords

Coal, Ash slags, Coal sludge, Elemental analysis, Rare and rare earth elements.

References

1. Panova V.F. Man-made products as raw materials for construction industry, Novokuznetsk, SibGIU Publ., 2009, 287 p. (In Russ.).
2. Yakutin V.P. & Agroskin A.A. Utilization of coal processing wastes, Moscow, Nedra Publ., 1978, 167 p. (In Russ.).
3. Shpirt M.Ya., Ruban V.A. & Itkin Yu.V. Rational utilization of coal mining and processing wastes, Moscow, Nedra Publ., 1990, 224 p. (In Russ.).
4. Salikhov V.A. Economic assessment and integrated utilization of associated useful components of coals and coal ash and slag wastes (as exemplified by the Kemerovo region), Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Branch, 2013, 224 p. (In Russ.).
5. Rashevskiy V.V., Artemiev V.B. & Silyutin S.A. Quality of SUEK coals, Moscow, Kuchkovo Pole Publ., 2011, 576 p. (In Russ.).
6. Cherkasova T.G., Isakova I.V., Tikhomirova A.V., Cherkasova E.V. & Golovachev A.A. Extraction of rare and rare-earth element concentrates from ash and slag wastes of Kuzbass. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2021, (2), pp. 35-39. (In Russ.).

COAL PREPARATION

7. Cherkasova T.G., Isakova I.V., Tikhomirova A.V., Cherkasova E.V. & Golovachev A.A. Identification of industrially significant rare elements condition in ash and slag wastes of Kuzbass. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2021, (5), pp. 37-44. (In Russ.).
8. Bychkova Ya.V., Sinitsyn M.Yu., Petrenko D.B., Nikolaeva I.Yu., Bugaev I.A. & Bychkov A.Yu. Specific features in methodology of multi-element analysis of rocks using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya: 4. Geologiya*, 2016, (6) (In Russ.).
9. Zarubina N.V., Blokhin M.G., Ostapenko D.S. et al. Analytical approaches to the quantitative determination of the chemical elements content in coals and coal rocks using ICP-MS and INAA methods. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, 2021. Vol. 332, (3), pp. 99-112 (In Russ.).

Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1194).

For citation

Cherkasova T.G., Pilin M.O., Tikhomirova A.V. & Barancev D.A. Determination of composition of coal processing wastes of the Berezovskaya Central Concentrating Mill. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 90-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-90-95.

Paper info

Received July 27, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Оригинальная статья

УДК 552.574 © Н.Ю. Турецкая, Т.А. Чикишева, Е.С. Прокопьев, К.К. Емельянова, 2023

Перспективы получения товарного продукта из отходов флотации угольных фабрик*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-95-99>

В статье приведены результаты изучения вещественного состава исходной пробы и данные технологических испытаний. Установлено, что представленное сырье является труднообогатимым. В основной своей массе оно состоит из глинистых минералов крупностью менее 20 мкм, присутствующий уголь находится как в виде отдельных зерен, так и в виде минеральных агрегатов. В процессе проведения технологических испытаний по гравитационной схеме обогащения удалось дополнительно извлечь из сырья угольный продукт.

Ключевые слова: угольные шламы, обогащение, товарный продукт, винтовая сепарация, переработка угольных шламов, экологически чистая технология, отходы флотации (кек).

Для цитирования: Перспективы получения товарного продукта из отходов флотации угольных фабрик / Н.Ю. Турецкая, Т.А. Чикишева, Е.С. Прокопьев и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 95-99. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-95-99.

* Работы выполнены в рамках комплексного научно-технического проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2022-1192 «Переработка хвостов угольных обогатительных фабрик с целью получения товарного угольного концентрата» при поддержке комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1144-р от 11 мая 2022 г.

ТУРЕЦКАЯ Н.Ю.

Ведущий инженер отдела комплексного использования минерального сырья Института Земной коры СО РАН, Руководитель группы обогащения углей и золошлаковых отходов ООО НПК «Спирит», 664033, г. Иркутск, Россия e-mail: tny@spirit-irk.ru

ЧИКИШЕВА Т.А.

Канд. геол.-минер. наук, младший научный сотрудник отдела комплексного использования минерального сырья Института Земной коры СО РАН, заведующая минералогической лабораторией ООО НПК «Спирит», доцент кафедры полезных ископаемых Иркутского государственного университета, 664003, г. Иркутск, Россия e-mail: cta@spirit-irk.ru

ПРОКОПЬЕВ Е.С.

Младший научный сотрудник
отдела комплексного
использования минерального сырья
Института Земной коры СО РАН,
директор по технологиям и инновациям
ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: pes@spirit-irk.ru

ЕМЕЛЬЯНОВА К.К.

Руководитель группы
обогащения руд и техногенных
месторождений черных металлов
ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: ikk@spirit-irk.ru

ВВЕДЕНИЕ

Угольная отрасль занимает неотъемлемую часть в энергетике страны и вносит значительный вклад в ее национальную безопасность и социально-экономическое развитие. Согласно энергетической стратегии развития страны одной из основных задач угольной промышленности является увеличение производственных объемов¹. С наращиванием производственных мощностей объемы отходов угледобычи значительно возрастут, в одной только Кемеровской области ежегодно накапливается свыше 2 млн т отходов, которые представляют – породные, вскрышные отвалы, шламонакопители и гидроотвалы обогатительных фабрик [1]. Поскольку вопросы энергосбережения, экологии и безопасности [2, 3, 4, 5, 6] на сегодняшний день являются актуальными и требуют особого внимания, полученные отвалы необходимо рассматривать как потенциальное сырье для получения дополнительной продукции [7, 8, 9].

Министерством науки и образования Российской Федерации была учреждена комплексная научно-техническая программа, которая утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1144-р от 11 мая 2022 г. В рамках данного проекта необходимо разработать технологию обогащения угольных шламов, которая будет применима ко всем угольным отходам.

Угольные отвалы разных обогатительных фабрик отличаются по своему гранулометрическому составу. Основная их масса представлена тонкодисперсными угольными шламами с высоким показателем зольности. Существующие технологии, которые эффективно способны выделять углесодержащие фракции менее 0,5 мм [10,11,12] главным образом основаны на применении флотационных методов обогащения, которые к сожалению, не отвечают экологическим требованиям. Следовательно, необходимо разрабатывать и искать пути внедрения новых технологий, эффективных с точки зрения экономики и экологии [13,14]. С решением такой сложной задачи можно справиться, используя гравитационный метод обогащения, одним из которых является винтовая сепарация, которая считается экологически чистой поскольку в ней не используются никакие реагенты. Возможность применения данного метода активно изучается и уже получены первые положительные результаты [15]. Поэтому цель настоящей работы заключалась в изучении возможности применения винтовой сепарации на отходах флотации (кек).

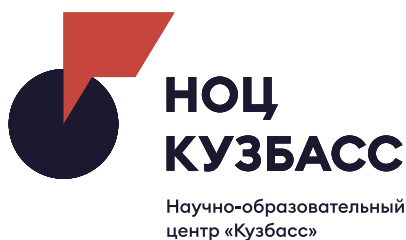
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований стала технологическая проба, отобранная из отходов флотации (кек) ОФ «Краснобродская-Коксовая» филиала УК «УРК» «Краснобродский угольный разрез». Определение зольности сухого топлива исходной пробы и продуктов обогащения выполнено методом ускоренного озоления (Лаборатория аналитического контроля ООО «Инженерный центр «Иркутскэнерго»). Оптико-минералогический анализ исходной пробы выполнялся в минералогическом отделе ООО НПК «Спирит» по методическим рекомендациям НСОММИ с применением стереомикроскопа Микромед МС-2-ZOOM 2CR. Рентгенографический анализ выполнялся в центре коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН на дифрактометре ДРОН-3.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение вещественного состава исходной пробы выполнено при помощи гранулометрического и минералогического анализов, в ходе

¹ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденная правительством РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р.



которых было установлено (рис. 1), что исследуемое сырье на 53,89% представлено материалом крупностью менее 20 мкм с зольностью сухого топлива 40,5%.

В материале более 0,125 мм с выходом 10,25% показатели зольности сухого топлива варьируют от 57 до 81%. Зольность сырья, входящего в диапазон крупности от 0,125 мм до 20 мкм, составляет 26,61% с выходом 30,74%.

Из данных минералогического анализа установлено, что основная масса пробы (73,69%) сложена каменным углем и глинистыми минералами. Основную массу материала пробы крупностью более 0,25 мм составляют минералы и минеральные агрегаты, углистые составляющие в данном диапазоне крупности входят в состав минеральных агрегатов. С уменьшением крупности материала содержание угольных компонентов увеличивается. В диапазоне крупности от 0,25 до 0,020 мм сосредоточено 39,92% угля, который присутствует в нем как в виде отдельных зерен, так и входит в состав минеральных агрегатов (рис. 2).

Анализ полученных данных показал, что присутствие такого большого количества тонкодисперсного шлама повлияет на вязкость пульпы и сегрегационные способности более крупных зерен, поэтому данный материал необходимо будет вывести из обогатительного процесса. Высокий показатель зольности в материале более 0,125 мм свидетельствует о том, что в данном сырье присутствует большое количество минералов и минеральных агрегатов, поэтому вводить его в процесс обогащения нецелесообразно. Практический интерес по всем своим показателям представляет материал, находящийся в диапазоне крупности от 0,125 мм до 20 мкм, поскольку в нем сосредоточено 39,92% угля,

Данные, полученные в ходе изучения вещественного состава, позволили определить продуктивный класс крупности и уточнить предварительные операции подготовки исходного сырья к обогащению.

Грохочение материала выполнено по классу 0,5 мм. Выход надрешетного продукта составил 4,39% с пока-



Рис.1. Гранулометрическая характеристика исходного сырья с показателями зольности сухого топлива по классам крупности

Fig.1. Granulometric characteristics of the feedstock with dry fuel ash content by size class

Класс крупности, мм	Выход, %	Уголь	
		Содержание в классе, % отн.	Распределение, % отн.
+2	0,41	0,08	0,1
-2+1 -1+0,5	1,33 3,69	0,23 0,94	0,4 1,6
-0,5+0,25	4,82	1,75	2,9
-0,25+0,125	5,12	2,19	3,7
-0,125+0,071	4,51	3,02	5,1
-0,071+0,040	14,04	10,95	18,3
-0,040+0,020	12,19	8,58	14,3
-0,020+0,00	53,89	32,06	53,6
Итого:	100,00	59,8	100,0

Рис.2. Данные распределения и содержания угля в исходной пробе по классам крупности

Fig.2. Data on the distribution and content of coal in the initial sample by size class

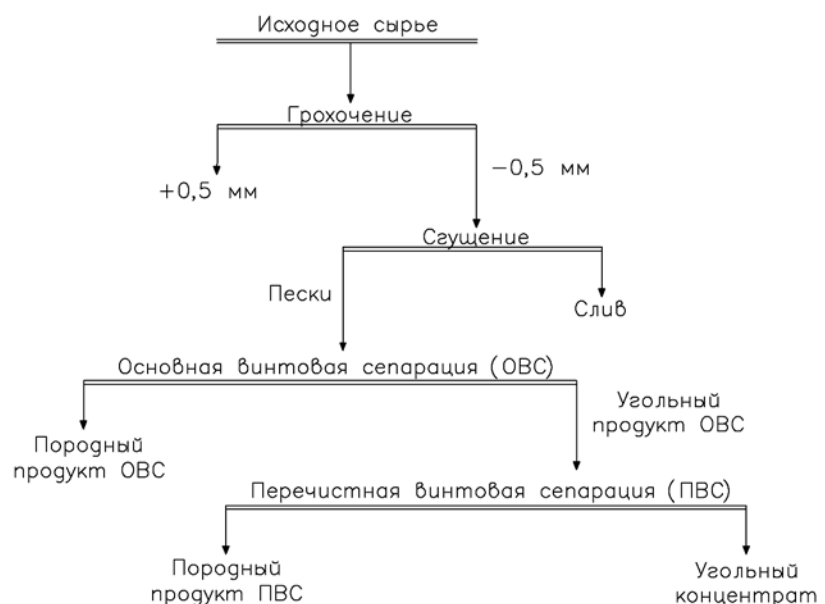


Рис.3. Схема обогащения технологического испытания на исходном сырье

Fig.3. Scheme of enrichment of the technological test on the feedstock



Рис.4. Данные гранулометрического анализа угольного концентрата с показателями зольности в каждом классе крупности

Fig.4. Data of granulometric analysis of coal concentrate with ash content in each size class

зателем зольности сухого топлива 80,5%. Подрешетный продукт грохота был отправлен на операцию сгущения (операция выполнена при помощи гидроциклона), цель которого заключалась в выведении тонкодисперсного шламистого материала, выход которого составил 64,70% с показателем зольности сухого топлива 36,02%. После проведения вышеуказанных операций зольность сухого топлива в питании винтовой сепарации (пески гидроциклона) составила 43,16%. Последующее обогащение сырья выполнено при помощи винтовой сепарации (ВС), которая была проведена в две стадии: основная винтовая сепарация (ОВС) и последующая перечистная операция на угольном продукте ОВС.

В ходе технологического испытания по представленной схеме обогащения (рис. 3.) удалось получить угольный концентрат с показателем зольности сухого топлива 25%. Выход продукта составил 15,01%.

На полученном угольном концентрате был выполнен гранулометрический анализ показателей зольности сухого топлива в каждом классе крупности. Полученные данные (рис. 4.) позволяют сделать вывод, что для получения угольного концентрата более высокого качества недостаточно одной операции сгущения, поскольку в нем присутствует большое количество материала (53,4%) крупностью менее 20 мкм с показателем зольности сухого топлива, равным 36,5%. В материале более 20 мкм показатель зольности сухого топлива варьирует от 21 до 8%. Если снизить количество тонкодисперсного материала в угольном концентрате, то его качество будет значительно выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Испытуемый материал является весьма труднообогащаемым, поскольку в основной своей массе он состоит из крупности менее 20 мкм. Присутствующий в пробе уголь находится как в виде отдельных зерен, так и в виде минеральных агрегатов, а с уменьшением крупности материала увеличивается содержание угольных компонентов. Из данных, полученных в ходе технологических испыта-

ний, установлено, что по гравитационной технологии обогащения удалось доизвлечь из сырья дополнительный угольный продукт с показателем зольности сухого топлива, равным 25% с выходом 15%, что подтверждает возможность применения продемонстрированной технологии.

Угольные отвалы состоят из материала различной крупности – от крупнокусковых до тонкодисперсных шламов, имея при этом различные показатели зольности сухого топлива. В данной работе была продемонстрирована универсальность разработанной технологии обогащения и показана возможность ее применения на отходах флотации.

Список литературы

1. Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л. Оценка возможности вовлечения в переработку углесодержащих отходов шламохранилища западносибирского металлургического комбината // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 446-457.
2. Качурин Н.М., Воробьев С.А., Чистяков Я.В. и др. Экологические последствия закрытия угольных шахт Кузбасса по газодинамическому фактору и опасности эндогенных пожаров на отвалах // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 4. С. 54-58.
3. Дамба А., Станис Е.В. Использование комплексной геоэкологической оценки в экологическом аудите при разработке угольных месторождений Монголии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 2. С. 100-106.
4. Киреев С.А. Современное состояние и экологическая оценка влияния породных отвалов предприятий угольной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022. № 1. С. 62-71.
5. Анализ экологических проблем в угледобывающих регионах / О.М. Зиновьева, Л.А. Колесникова, А.М. Меркулова и др. // Уголь. 2020. № 10. С. 62-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-10-62-67.
6. Behera Sahu H. Coal mine waste characterization and defluorination property. February. 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13244. Heliyon 9(6):e13244.
7. Kopobayeva A.N., Portnov S., Kim S.P. Tectonic factors of impurity elements accumulation at the Shubarkol coal deposit (Kazakhstan). January. 2020. DOI:10.33271/nvngu/2021-5/011.
8. Thang N.C., Tuan N.V., Hiep D.N. The Potential Use of Waste Rock from Coal Mining for the Application as Recycled Aggregate in Concrete. October. 2020. DOI:10.1007/978-3-030-60839-2-29.
9. An investigation into the enrichment of coal wastes of Western Lignite Company (WLC) by physical and physico-chemical methods / A. Ucara, O. Sahbaza, N. Ediz et al. February, 2023. DOI: 10.30797/madencilik.1111260.
10. Moszko J.C., Wierzchowski K., Klupa A. Evaluation of the Possibility of the hard coal sludge enrichment by flotation. December, 2020. DOI: 10.21203/rs.3.rs-127361/v1.
11. Злобина Е.С. Угольные шламы как сырье для малоотходного производства / Экология и безопасность в техносфере: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Юрга. 27-28. Ноябрь. 2014. С. 64-66.

12. Обзор инновационных процессов и оборудования на предприятиях угледобычи и углепереработки / Е.С. Задавина, Ю.А. Рязанова, А.В. Папин и др. // Ползуновский вестник. 2018. № 2. С. 102-106.
13. Соловеев Н.П., Болотин Н.М. Применение технологии винтовой сепарации при переработке угольных шламов // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 469-480.
14. Мандров Г.А., Счастливцев Е.Л. Переработка угольных шламов в экологически безопасные топлива // Экология и промышленность России. 2007. № 9. С. 34-36.
15. Турецкая Н.Ю., Чикишева Т.А. Обогащение шламов угольных гидроотвалов методом винтовой сепарации // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 4. С. 436-445.

Original Paper

UDC 552.574 © N.Yu. Turetskaya, T.A. Chikisheva, E.S. Prokopiev, K.K. Emelyanova, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 95-99
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-95-99>

Title

THE POSSIBILITY OF OBTAINING A COMMERCIAL PRODUCT FROM COAL FACTORIES FLOTATION WASTE

Authors

Turetskaya N.Yu.^{1,2}, Chikisheva T.A.^{1,2,3}, Prokopiev E.S.^{1,2}, Emelyanova K.K.¹

¹ Institute of the Earth's Crust of SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation

² LLC Research and Production Company Spirit, Irkutsk, 664033, Russian Federation

³ Irkutsk State University, Irkutsk, 664003, Russian Federation

Authors information

Turetskaya N.Yu., Lead engineer, Head of coal and ash waste preparation group, e-mail: tny@spirit-irk.ru

Chikisheva T.A., PhD (Geological and mineralogical), Junior researcher, Head of mineralogical department, Associate Professor, Department of Minerals, e-mail: cta@spirit-irk.ru

Prokopiev E.S., Junior researcher, Director for Technology and Innovation, e-mail: pes@spirit-irk.ru

Emelyanova K.K., Head of the ferrous metals enrichment group, e-mail: ikk@spirit-irk.ru

Abstract

The article presents the results of studying the material composition of the original sample and the data of technological tests. The authors established that the presented raw materials are difficult for enrichment. Mainly it consists of clay minerals with a particle size of less than 20 microns. The coal is found both in the form of individual grains and in the form of mineral aggregates. In the process of carrying out technological tests according to the gravitational enrichment scheme, it was possible to additionally obtain a coal product from the raw material.

Keywords

Coal sludge, Enrichment, Commercial product, Spiral separation, Coal sludge processing, Environmentally friendly technology, Flotation waste (cake).

References

1. Prokopyev E.S. & Alekseyeva O.L. Feasibility study of processing coal-bearing wastes of the sludge storage at the West Siberian Metallurgical Works. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*, 2022, Vol. 45, (4), pp. 446-457. (In Russ.).
2. Kachurin N.M., Vorobyev S.A., Chistyakov Ya.V. et al. Environmental consequences of Kuzbass coal mines closure in terms of the gas-dynamic factor and spontaneous fire hazards at the dumps. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2015, Vol. 19, (4), pp. 54-58. (In Russ.).
3. Damba A. & Stanis E.V. Using integrated geo-environmental assessment in environmental auditing during development of Mongolian coal deposits. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2015, (2), pp. 100-106. (In Russ.).
4. Kireyev S.A. Current state and environmental assessment of the impact of rock dumps of coal industry operations. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2022, (1), pp. 62-71. (In Russ.).
5. Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M. & Smirnova N.A. Environmental analysis in coal mining regions. *Ugol'*, 2020, No. 10, pp. 62-67. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2020-10-62-67](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2020-10-62-67).
6. Behera Sahu H. Coal mine waste characterization and defluorination property, February, 2023. DOI: [10.1016/j.heliyon.2023.e13244](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13244). *Heliyon* 9(6):e13244.
7. Kopobayeva A.N., Portnov S. & Kim S.P. Tectonic factors of impurity elements accumulation at the Shubarkol coal deposit (Kazakhstan), January, 2020. DOI: [10.33271/nvngu/2021-5/011](https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-5/011).

8. Thang N.C., Tuan N.V. & Hiep D.N. The Potential Use of Waste Rock from Coal Mining for the Application as Recycled Aggregate in Concrete, October, 2020. DOI: [10.1007/978-3-030-60839-2-29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60839-2-29).

9. Ucara A., Sahbaza O., Ediz N. & Karaca S. An investigation into the enrichment of coal wastes of Western Lignite Company (WLC) by physical and physico-chemical methods, February, 2023. DOI: [10.30797/madencilik.1111260](https://doi.org/10.30797/madencilik.1111260).

10. Moszko J.C., Wierzchowski K. & Klupa A. Evaluation of the Possibility of the hard coal sludge enrichment by flotation, December, 2020. DOI: [10.21203/rs.3.rs-127361/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-127361/v1).

11. Zlobina E.S. Coal slimes as raw material for low-waste production. Environment and safety in the technosphere: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Yurga, November 27-28, 2014, pp. 64-66. (In Russ.).

12. Zavadina E.S., Ryzanova Yu.A., Papin A.V. et al. Review of innovative processes and equipment in coal mining and coal processing operations. *Polzunovskij vestnik*, 2018, (2), pp. 102-106. (In Russ.).

13. Soloveyenko N.P. & Bolotin N.M. Application of screw separation technology in coal sludge processing. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*, 2022, Vol. 45, (4), pp. 469-480. (In Russ.).

14. Mandrov G.A. & Schastlivets E.L. Processing of coal sludge into environmentally safe fuels. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2007, (9), pp. 34-36. (In Russ.).

15. Turetskaya N.Yu. & Chikisheva T.A. Processing of sludge from coal sludge ponds using the screw separation technique. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*, 2022, Vol. 45, (4), pp. 436-445. (In Russ.).

Acknowledgements

The research was performed as part of the Integrated Scientific and Technical Programme of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 075-15-2022-1192 "Processing of coal mill tailings in order to obtain commercial coal concentrate" with support of the "Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life" Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation on May 11, 2022.

For citation

Turetskaya N.Yu., Chikisheva T.A., Prokopiev E.S. & Emelyanova K.K. The possibility of obtaining a commercial product from coal factories flotation waste. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 95-99. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-9-95-99](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-95-99).

Paper info

Received July 7, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Формы нахождения потенциально ценных компонентов в отходах углеобогадательной фабрики «Краснобродская-Коксовая»*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-100-104>

КОМАРОВА А.Г.

Ведущий инженер-минералог
ООО НПК «Спирит»,
преподаватель кафедры
полезных ископаемых,
геохимии, минералогии и петрографии
ФГБОУ ВО «Иркутский
государственный университет»,
664003, г. Иркутск, Россия,
e-mail: kag@spirit-irk.ru

ЧИКИШЕВА Т.А.

Канд. геол.-минер. наук,
научный сотрудник
отдела комплексного
использования минерального сырья
ФГБУН «Институт земной коры СО РАН,
руководитель минералогической
группы ООО НПК «Спирит»,
доцент кафедры полезных ископаемых,
геохимии, минералогии и петрографии
ФГБОУ ВО «Иркутский
государственный университет»,
664003, г. Иркутск, Россия,
e-mail: cta@spirit-irk.ru

На территории Кузнецкого угольного бассейна складывается огромное количество отвалов углеобогащения, которые содержат в себе большое количество редких и ценных микроэлементов. Установлено, что в отходах углеобогадательной фабрики «Краснобродская-Коксовая» содержится ряд потенциально ценных компонентов. В ходе проведения минералогического анализа были выявлены формы нахождения таких элементов как Fe, Al, Si, Zn, Ba, W, Ti, Zr, La, Y и Ag. Минералогический анализ показал, что в отходах углеобогащения доля минеральной составляющей равняется 40,2%, из которых 29,52% приходится на глинистые минералы, являющиеся источниками Al. Также источниками неблагородных металлов выступают сульфиды, магнетит и ряд других минералов. Ксенотим и монацит, обнаруженные в материале пробы, являются минералами-концентраторами редкоземельных элементов. Кроме того, в самородной форме обнаружено серебро. Наличие этих минералов в исследуемом сырье делает его потенциальным источником стратегически важных и редких элементов, а также неблагородных металлов.

Ключевые слова: отходы угледобычи, комплексная переработка минерального сырья, угольные шламы, Кузнецкий угольный бассейн, стратегически важные элементы, редкоземельные элементы, формы нахождения.

Для цитирования: Формы нахождения потенциально ценных компонентов в отходах углеобогадательной фабрики «Краснобродская-Коксовая» / А.Г. Комарова, Т.А. Чикишева, Е.С. Прокопьев и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 100-104. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-100-104.

ВВЕДЕНИЕ

Кузбасс – один из наиболее экономически значимых районов Российской Федерации, в котором одна из ведущих ролей принадлежит промышленному комплексу по добыче и переработке угля [1]. На территории Кузнецкого угольного бассейна эксплуатируются десятки шахт и угле-разрезов, при этом угледобывающие компании постоянно наращивают объемы переработки угольного сырья [2], что в свою очередь сопровождается увеличением количества горнопромышленных отходов, которые уже сейчас покрывают площади, исчисляемые тысячами гектаров, и оказывают колоссальную нагрузку на экосистему [3, 4].

* Работы выполнены в рамках КНТП Министерства науки и высшего образования РФ № 075-15-2022-1192 «Переработка хвостов угольных обогатительных фабрик с целью получения товарного угольного концентрата».



Отходы переработки углей так же, как и ископаемый уголь, представляют собой смесь органического вещества (мацералов) и неорганических компонентов (минералов). Состав и количество минеральной части являются одними из важнейших характеристик углей. Информация о минеральном составе позволяет судить о возможности вовлечения техногенных отвалов во вторичную переработку, предопределить характеристику получаемых шлаков и зольных уносов, образующихся при сжигании, а также оценить их металлоносность [5]. Ряд исследований, проводимых на материале отходов горной промышленности, говорят о том, что в отвалах, возникших в результате переработки угольного сырья, содержится значительное количество потенциально ценных компонентов [6, 7, 8].

Вовлечение техногенного сырья во вторичное использование имеет ряд преимуществ [9, 10, 11]:

- получение важных элементов, которые обеспечивают национальную безопасность;
- получение из хвостов обогащения качественной угольной продукции, в которой минимизированы содержания вредных элементов примесей и показатели зольности;
- с точки зрения воздействия на окружающую среду удаление этого материала из отвалов приведет к снижению попадания токсичных элементов на поверхность и в грунтовые воды из хвостохранилищ, а также к сокращению объемов отходов углеобогащения.

Для оценки возможности использования отвалов углеобогатительной фабрики «Краснобродская-Коксовая» во вторичной переработке, а также для установления форм нахождения в них стратегически важных элементов и вредных примесей были проведены детальные минералогические исследования хвостов углеобогащения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оптико-минералогический анализ пробы хвостов углеобогатительной фабрики «Краснобродская-коксовая» выполнялся в минералогическом отделе ООО НПК «Спирит» по методическим рекомендациям НСОММИ [12] с применением бинокулярного стереомикроскопа Микромед МС-2-ZOOM 2CR. Рентгенографический анализ выполнялся в центре коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН на дифрактометре ДРОН-3.0.

Изучение минеральной составляющей углесодержащей пробы производилось с применением сканирующего электронного микроскопа [13] MIRA3 LMN TESCAN в центре коллективного пользования «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН в режиме обратно-рассеянных электронов и поляризационного микроскопа Olympus BX53-F в научно-учебной лаборатории экспериментальной геологии геологического факультета ИГУ. Исследование производилось по межгосударственным стандартам [14, 15, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках работ по выявлению форм нахождения стратегически важных элементов и вредных элементов-примесей был проведен оптико-минералогический анализ углесодержащей пробы, в результате которого установлено, что минеральные компоненты составляют 40,20%, а на уголь приходится 59,80%.

Минеральная составляющая отходов углеобогатительной фабрики в основном сложена глинистыми минералами (29,52 из 40,20%) – каолинитом и смешанослойными образованиями гидрослюд и смектита. В меньшем количестве обнаружены карбонаты (сидерит, доломит и кальцит), полевые шпаты, кварц и обломки пород, суммарное количество которых составляет 10,55%. В сотых долях процента присутствуют слюды, суль-

ПРОКОПЬЕВ Е.С.

*Научный сотрудник
отдела комплексного использования
минерального сырья
ФГБУН «Институт земной коры СО РАН»,
директор по технологиям и инновациям
ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: pes@spirit-irk.ru*

ПРОКОПЬЕВ С.А.

*Канд. техн. наук,
руководитель отдела
комплексного использования
минерального сырья
ФГБУН «Институт земной коры СО РАН»,
генеральный директор ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: psa@spirit-irk.ru*

фиды (пирит, халькопирит, сфалерит, галенит) и магнетит. В единичных зернах визуализируются барит, вольфрамит, самородное серебро, ксенотим, монацит, рутил, циркон, гетит и интерметаллиды Cu-Zn.

Для установления элементного состава пробы был проведен атомно-эмиссионный анализ с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES). Данные, полученные при проведении анализа, показали, что в отходах углеобогащательной фабрики содержится ряд элементов, относящихся к неблагородным металлам – Fe, Al, Cu, Zn, Ba, W, Ti, Zr и др., а также редкоземельные элементы – La, Y и благородный металл – Ag.

По экологической значимости в углях и отходах угледобычи выделяют четыре группы элементов (значимость уменьшается слева направо): I – As, Cd, Cr, Hg, Se, IIA – B, Cl, Mn, F, Mo, Ni, Pb, IIB – Be, Cu, P, Th, U, V, Zn и III – Ba, Co, Sb, Sn, Tl [17]. В зависимости от концентрации эти элементы могут оказывать токсичное влияние на окружающую среду, но при этом некоторые из них являются весьма ценными. Далее рассмотрим формы нахождения компонентов, которые оказывают влияние на окружающую среду, но при этом имеют потенциальную ценность.

Формы нахождения алюминия. Главными источниками Al в исследуемой пробе являются глинистые минералы: каолинит и смешанослойные образования гидрослюд и смектита. Глинистые минералы визуализируются в основном в виде минеральных агрегатов, в состав которых входят

карбонаты, кварц и полевые шпаты. Также иногда в составе минеральных агрегатов наблюдается углистое вещество.

Формы нахождения железа. Железо в основном концентрируется в магнетите и гетите. Они обнаружены в материале пробы в виде микровключений и самостоятельных зерен. Также концентратом железа выступает сидерит, который слагает минеральные агрегаты и формирует конкреции (рис. 1).

Формы нахождения серы. Основными носителями серы выступают сульфиды. Сульфиды представлены в основном пиритом, реже обнаруживаются халькопирит, сфалерит, галенит и цинковый теннантит, которые также аккумулируют в себе *неблагородные металлы* – Fe, Cu, Zn и As. Пирит в основном визуализируется в виде сферических агрегатов – фрамбондов (рис. 2), которые состоят из микросталлов пирита. Пирит также отмечен в виде отдельных микровключений идиоморфных кристаллов в минеральных агрегатах и в виде свободных зерен. Редко в зернах пирита прослеживается наличие углистого вещества. Остальные обнаруженные сульфиды наблюдаются в виде микровключений неправильной формы.

Прочие источники неблагородных металлов. Также по данным элементного состава в материале пробы присутствуют Ba, W, Ti и Zr, минералами-носителями которых являются барит, вольфрамит, рутил и циркон соответственно. Они обнаружены в виде редких микровключений непра-

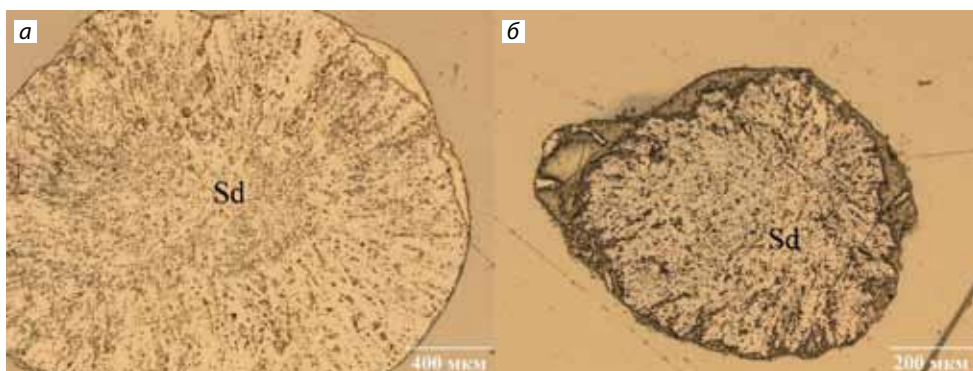


Рис. 1. Конкреции сидерита (Sd). Микрофотографии фрагмента аншлиф-брикета, отраженный свет, анализатор выключен
Fig. 1. Nodules of siderite (Sd). Micrographs of a polished section briquette fragment, reflected light, analyzer off

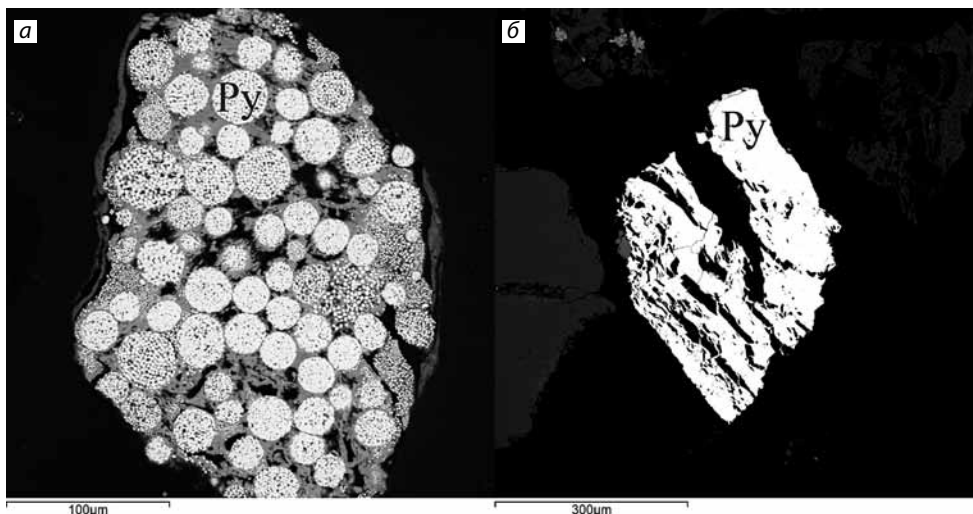


Рис. 2. Микрофотографии выделений пирита (Py). А – фрамбонды пирита; Б – свободное зерно пирита с прослойками угля (черное). Аншлиф-брикет. Изображение в обратно рассеянных электронах
Fig. 2. Micrographs of pyrite (Py) secretions. A – pyrite framboids; B – free grain of pyrite with coal layers (black). Polished section briquette. Image in backscattered electrons

вильной формы. Также помимо сульфидов минералами-концентраторами Cu и Zn выступают их интерметаллические соединения.

Благородные металлы. Из группы благородных металлов обнаружено серебро, оно находится в материале в самородном виде и образует выделения неправильной формы в угольсодержащих агрегатах.

Редкоземельные элементы. Минералогические исследования показали, что в исследуемом материале присутствуют ксенотим и монацит, которые являются носителями РЗЭ и Th. Эти минералы также обнаружены в материале пробы в виде включений в минеритах.

Основываясь на данных минералогического анализа, можно заключить, что отходы углеобогащения являются потенциальным источником стратегически важных и редких элементов, а также неблагородных металлов [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минералогический анализ показал, что отходы углеобогащательной фабрики «Краснобродская-Коксовая» содержат в себе ряд минералов, которые являются носителями элементов, негативно влияющих на окружающую среду, будучи при этом стратегически важными. Вовлечение во вторичную переработку этих отходов дает возможность получить не только угольный концентрат, но и ряд продуктов с высокими концентрациями различных ценных компонентов – Fe, Y, REE, Al и др. Комплексная переработка данного сырья имеет ряд экономических и экологических преимуществ.

Список литературы

1. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский, бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. 604 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году». Государственные доклады – Минприроды России. М., 2021
3. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. Закономерности восстановления растительного покрова на отвалах Кузбасса // Сибирский лесной журнал. 2016. № 2. С. 51–58.
4. Инженерно-геологические и экологические проблемы при эксплуатации и рекультивации высоких отвалов на разрезах Кузбасса / Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, А.Д. Васильева и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 8. С. 164-178. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-8-0-164.
5. Скурский М.Д. О вещественном составе углей // Техника и технология горного дела. 2022. № 1. С. 31-82. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-1-31-82.
6. Верех-Белоусова Е.И. Переработка отвалов угольных шахт Луганщины как техногенных месторождений металлов // Экологическая химия. 2019. Т. 28. № 2. С. 107-113.
7. Нифантов Б.Ф., Заостровский А.Н., Занина О.П. Горно-геологическое и технологическое значение распределения ценных и токсичных элементов в кузнецких углях // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2005. № 6. С. 76-78.
8. Ценные и потенциально опасные элементы в углях Иркутского бассейна и продуктах переработки угольных отвалов / Е.А. Михеева, А.Н. Жиличева, С.И. Штельмах и др. // Уголь. 2022. № S12. С. 127-131. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-127-131.
9. Dai S., Finkelman R.B. Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects // International Journal of Coal Geology. 2018. Is. 186. P. 155-164. DOI: 10.1016/j.coal.2017.06.005.
10. Utilization of waste coal flotation concentrate for copper matte smelting / J. Łabaj, L. Blacha, A. Smalcerz et al. // Engineering Science and Technology an International Journal. 2021. No 24. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.01.003>.
11. Processing of pyrite derived from coal mining waste by density separation technique using lithium heteropolytungstate (LST) / S.C.D. Ghedin, G.J. Pedroso, C.B. Neto et al. // Matéria (Rio De Janeiro). 2022. No 27(3). e20220169. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0169>.
12. Оптико-минералогический анализ шлиховых и дробленых проб: Методические рекомендации № 162 / Научный совет по методам минералогических исследований (НСОММИ). М.: ВИМС, 2012. 23 с.
13. Гамов М.И., Наставкин А.В., Вялов В.И. Результаты применения растровой электронной микроскопии для изучения минеральных компонентов углей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 1. С. 10-23.
14. Межгосударственный стандарт ГОСТ 9414.1-94 (ИСО 7404-1-84). Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Часть 1. Словарь терминов. М.: Издательство стандартов, 1995. 23 с.
15. Межгосударственный стандарт ГОСТ 9414.2-93 (ИСО 7404-2-85). Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Часть 2. Метод подготовки образцов угля. М.: Издательство стандартов, 1995. 18 с.
16. Межгосударственный стандарт ГОСТ 9414.3-93 (ИСО 7404-3-84). Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Часть 3. Методы определения групп мацералов. М.: Издательство стандартов, 1995. 12 с.
17. Swaine D.J., Goodarzi F. Environmental aspects of trace elements in coal. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1995. P. 1-4.
18. Geochemistry, mineralogy and genesis of rare metal (Nb-Ta-ZrHf-Y-REE-Ga) coals of the seam XI in the south of Kuznetsk Basin, Russia / S.I. Arbutov, D.A. Spears, A.V. Vergunov et al. // Ore Geology Reviews. 2019. Is. 113. P. 103073. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2019.103073.

Original Paper

UDC 552.574:553.086 © A.G. Komarova, T.A. Chikisheva, E.S. Prokopiev, S.A. Prokopiev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 100-104
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-100-104>

Title
OCCURRENCE FORM OF POTENTIALLY VALUABLE COMPONENTS IN THE KRASNOBRODSKAYA-KOKSOVAYA COAL-PROCESSING PLANT WASTE

Authors

Komarova A.G.^{1,3}, Chikisheva T.A.^{1,2,3}, Prokopiev E.S.^{1,2}, Prokopiev S.A.^{1,2}

¹ LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation

² Institute of the Earth Crust SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation

³ Irkutsk State University, Irkutsk, 664003, Russian Federation

Authors Information

Komarova A.G., Leading mineralogist engineer, Lecturer of Department of Minerals, Geochemistry, Mineralogy and Petrography, e-mail: kag@spirit-irk.ru

Chikisheva T.A., PhD (Geology and Mineralogy), Head of mineralogical department, Research Associate, Associate Professor of Department of Minerals, Geochemistry, Mineralogy and Petrography, e-mail: cta@spirit-irk.ru

Prokopiev E.S., Director for technology and innovation, Research Associate, e-mail: pes@spirit-irk.ru

Prokopiev S.A., PhD (Engineering), General Director, Chief Department of Comprehensive Use of Mineral Resources, e-mail: psa@spirit-irk.ru

Abstract

A huge number of coal enrichment dumps are stored on the territory of the Kuzbass coal basin. Coal waste accommodates a large quantity of rare and valuable chemical elements. The Krasnobrodskaya-Koksovaya coal preparation plant waste contains potentially valuable components. The forms of occurrence of such elements as Fe, Al, Cu, Zn, Ba, W, Ti, Zr, La, Y and Ag were revealed using by the mineralogical analysis. The mineralogical analysis showed that the proportion of the mineral component in the coal enrichment waste is 40.2% of which 29.52% are clay minerals. The clay minerals are sources of Al. The pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, magnetite and others are sources of base metals. Xenotime and monazite found in the sample material are minerals-concentrators of rare earth elements. In addition, silver was found in the native form. The presence of these minerals in the coal wastes makes it a complex raw material and therefore a base metal, strategically important and rare elements could be extracted.

Keywords

Coal mining waste, Complex processing of mineral raw materials, Coal sludge, Kuznetsk coal basin, Strategically important elements, Rareearth elements, Occurrence forms.

References

1. The coal base of Russia. Volume II. Coal basins and deposits of Western Siberia (Kuznetsky, Gorlovsky, West Siberian basins; deposits of the Altai Territory and the Altai Republic). Moscow, Geoinformceitr LLC, 2003, 604 p. (In Russ.).
2. On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2020: state report. State reports – Ministry of Natural Resources of Russia. Moscow, 2021. (In Russ.).
3. Kupriyanov A.N. & Manakov Yu.A. Regularities of restoration of vegetation cover on the dumps of Kuzbass. *Siberian Forest Journal*, 2016, (2), pp. 51-58. (In Russ.).
4. Kutepov Yu.I., Kutepova N.A., Vasilyeva A.D. & Mukhina A.S. Engineering-geological and environmental problems during operation and reclamation of high dumps at Kuzbass sections. *Gornyy informatsionno-analiticheskij Byulleten*, 2021, (8), pp. 164-178. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2021-8-0-164.
5. Skursky M.D. On the material composition of coals. *Technique and technology of mining*, 2022, (1), pp. 31-82. (In Russ.). DOI: 10.26730/2618-7434-2022-1-31-82.
6. Verekh-Belousova E.I. Processing of dumps of coal mines of Luhansk region as technogenic deposits of metals. *Environmental chemistry*, 2019, Vol. 28, (2), pp. 107-113. (In Russ.).
7. Nifantov B.F., Zaostrovsky A.N. & Zanina O.P. Mining-geological and technological significance of the distribution of valuable and toxic elements in

Kuznetsk coals. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2005, (6), pp. 76-78. (In Russ.).

8. Mikheeva E.A., Zhilicheva A.N., Shtelmakh S.I., Prokopiev E.S. & Chikisheva T.A. Valuable and potentially hazardous elements in the coals of the Irkutsk basin and products of processing of coal dumps. *Ugol'*, 2022, (S12), pp.127-131. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-127-131.

9. Dai S. & Finkelman R.B. Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects. *International Journal of Coal Geology*, 2018, (186), pp. 155-164. DOI:10.1016/j.coal.2017.06.005.

10. Łabaj J., Blacha L., Smalcerz A. et al. Utilization of waste coal flotation concentrate for copper matte smelting. *Engineering Science and Technology an International Journal*. 2021, (24). <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.01.003>.

11. Ghedin S.C.D., Pedrosa G.J., Neto C.B., Preve J., Gondoreck N.B., Ely G.G., Angioletto F., Ourique F., Ribeiro L.F.B. & Frizon T.E.A. Processing of pyrite derived from coal mining waste by density separation technique using lithium heteropolytungstate (LST). *Matéria (Rio De Janeiro)*, 2022, (27), e20220169. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-016912>. Optical-mineralogical analysis of shlich and crushed samples: Methodological recommendations No. 162 / Scientific Council on Methods of Mineralogical Research (NSOMMI). Moscow, VIMS, 2012, 23c. (In Russ.).

13. Gamov M.I., Mentor A.V. & Vyalov V.I. Results of the use of scanning electron microscopy for the study of mineral components of coals. *Gornyy informatsionno-analiticheskij Byulleten*, 2016, (1), pp. 10-23. (In Russ.).

14. Interstate standard GOST 9414.1-94 (ISO 7404-1-84). Coal and anthracite. Methods of petrographic analysis. Part 1. Dictionary of terms. Moscow, Publishing House of Standards, 1995, 23 p. (In Russ.).

15. Interstate standard GOST 9414.2-93 (ISO 7404-2-85). Coal and anthracite. Methods of petrographic analysis. Part 2. Method of preparation of coal samples. Moscow, Publishing House of Standards, 1995, 18 p. (In Russ.).

16. Interstate standard GOST 9414.3-93 (ISO 7404-3-84). Coal and anthracite. Methods of petrographic analysis. Part 3. Methods for determining groups of macerals. Moscow, Publishing House of Standards, 1995, 12 p. (In Russ.).

17. Swaine D.J. & Goodarzi F. Environmental aspects of trace elements in coal. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1995, pp. 1-4.

18. Arbuzov S.I., Spears D.A., Vergunov A.V. et al. Geochemistry, mineralogy and genesis of rare metal (Nb-Ta-Zr-Hf-Y-REE-Ga) coals of the seam XI in the south of Kuznetsk Basin, Russia. *Ore Geology Reviews*, 2019, (113), 103073. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2019.103073.

Acknowledgements

The work was founded by Integrated scientific and technical program of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 075-15-2022-1192 «Treatment of tailings of coal processing plants in order to obtain commercial coal concentrate».

For citation

Komarova A.G., Chikisheva T.A., Prokopiev E.S. & Prokopiev S.A. Occurrence form of potentially valuable components in the Krasnobrodskaya-Koksovaya coal-processing plant waste. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 100-104. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-100-104.

Paper info

Received July 27, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023

Исследование динамики производственных мощностей по добыче угля и выработке электроэнергии в штате Виктория с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-105-108>

В статье приводятся результаты оценки основных технологических показателей горнотранспортного оборудования карьеров по добыче угля в штате Виктория (Австралия). По данным спутниковой съемки выявлено выбытие производственных мощностей по добыче угля и выработке электроэнергии на тепловых станциях. Сделан вывод о том, что эффект от масштаба производства позволяет держать тарифы на электроэнергию, вырабатываемую при сжигании угля в этом штате, на весьма низких уровнях.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, Австралия, штат Виктория, карьеры по добыче угля, тепловые электростанции, производственные мощности по добыче угля, эффект от масштаба производства, выработка электроэнергии на тепловых станциях.

Для цитирования: Исследование динамики производственных мощностей по добыче угля и выработке электроэнергии в штате Виктория с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 105-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-105-108.

ВВЕДЕНИЕ

В юго-восточной части Австралии, в 90 км на восток от г. Мельбурна, расположено одно из крупнейших месторождений бурого угля в мире. Угольные пласты мощностью до 80 м, залегающие на глубине 30-50 м, концентрированно расположенные в штате Виктория, явились крупной минерально-сырьевой базой для развития австралийского ТЭК в 1960-е годы. Для нужд быстро развивающегося Мельбурна электрической энергии с каждым годом требовалось все больше и

* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли.

ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор
Сибирского государственного университета
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,
заместитель директора по научной работе
Сибирского научно-исследовательского института
горного и маркшейдерского дела,
660037, г. Красноярск, Россия,
e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук,
доцент Технического
университета им. Ле Куй Дон,
000084, г. Ханой, Вьетнам

ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. экон. наук, доцент
Сибирского государственного
университета науки
и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,
660037, г. Красноярск, Россия

ВОКИН В.Н.

Канд. техн. наук,
профессор Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

КИРЮШИНА Е.В.

Канд. техн. наук,
доцент Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ЧЕРЕПАНОВ Е.В.

Канд. экон. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ГЕРАСИМОВА Е.И.

Старший преподаватель
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ШТРЕСЛЕР К.А.

Старший преподаватель
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

больше. Поэтому именно здесь было положено начало строительству мощных карьеров по добыче угля и крупных тепловых станций с угольной генерацией электроэнергии. С одной стороны, наметившаяся тенденция к переходу на «зеленую энергетику» вынуждает угледобывающие предприятия сворачивать добычу угля, а с другой – необходим поиск альтернативных источников выработки больших мощностей электроэнергии. Этот район Австралии для исследования был выбран не случайно, поскольку целостную картину современного состояния добычи угля открытым способом в этой стране невозможно представить без понимания ситуации в топливно-энергетическом комплексе этого штата. В задачах исследования, решение которых привело к достижению поставленной цели, использованы ресурсы дистанционного мониторинга Земли из космоса. На наш взгляд, эта информация является эффективным инструментом проведения масштабных исследований на разных континентах, о чем говорят аналогичные подходы, представленные в краткой подборке опубликованных научных результатов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ И ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ШТАТЕ ВИКТОРИЯ

К настоящему времени в топливно-энергетическом комплексе этого штата действуют два карьера по добыче угля и три тепловые электростанции (см. рисунок).

Всего в карьерах на вскрышных и добычных работах установлено пять роторных экскаваторов (российский аналог ЭРП-2500).



Фрагмент космоснимка с расположением объектов топливно-энергетического комплекса на территории штата Виктория. Действующие предприятия: 1 – карьер по добыче угля «Йолорн-Север»; 2 – тепловая станция «Йолорн-Север»; 3 – карьер по добыче угля «Тралалгон-Восток»; 4 – тепловая станция «Тралалгон-Восток-1»; 5 – тепловая станция «Тралалгон-Восток-2». Закрытые предприятия: 6 – карьер по добыче угля «Моруэлл»; 7 – тепловая станция «Моруэлл-1»; 8 – тепловая станция «Моруэлл-2»

Fragment of a satellite image with location of the fuel and energy facilities on the territory of the Victoria State Operating facilities: 1 – Yalorn North coal open-pit mine; 2 – Yalorn North heating plant; 3 – Traralgon East coal open-pit mine; 4 – Traralgon East-1 heating plant; 5 – Traralgon East-2 heating plant. Closed facilities: 6 – Morwell coal open-pit mine; 7 – Morwell-1 heating plant; 8 – Morwell-2 heating plant

Большой объем вскрышных пород (68%) и весь уголь (100%) до пунктов их размещения-потребления транспортируется по забойным, магистральным и отвальным конвейерам.

В карьере 1 («Йолорн-Север») развитие горных работ, обозначенное стрелкой в левом секторе *рисунка*, производится в юго-восточном направлении. Толща вскрышных пород в карьере разделена на две части по вертикали. Верхнюю часть вскрыши толщиной до 30 м отработывают по принципу опережающей выемки пятью гидравлическими экскаваторами типа «прямая» и «обратная лопата» с вместимостью ковша 3-16 куб. м. Экскаваторы работают в комплексе с шарнирно-сочлененными автосамосвалами повышенной проходимости грузоподъемностью 30 т и карьерными автосамосвалами грузоподъемностью 130 т. Одновременно в работе находятся 28 автосамосвалов. Дальность транспортировки вскрыши до мест разгрузки на внутренних отвалах составляет 2,7-3,3 км. Надугольную часть толщи вскрышных пород мощностью до 20 м отработывают роторным экскаватором без предварительного рыхления. Длина вскрышного уступа составляет 1700 м, при этом ширина экскаваторной заходки равна 50 м. Вскрышные породы, отгружаемые роторным экскаватором, транспортируют в выработанном пространстве карьера по конвейеру, введенному на внутренний отвал со стороны западного фланга карьера. Бесперебойную транспортировку вскрышных пород обеспечивает конвейер протяженностью 6,5 км, который «ломается» в трех точках.

Выемка угля в этом карьере осуществляется следующим образом. Отметим, что технология производства добычных работ в этом карьере существенно отличается от технологий, применяемых в карьерах по добыче угля на австралийском континенте. Пласт угля мощностью 50 м разделен по вертикали на два слоя – уступа. Причем значения угла откоса добычных уступов отличаются в меньшую сторону от классических уступов, отработываемых карьерными экскаваторами. По нашим расчетам, угол откосов добычных уступов находится в диапазоне 6-8°. С позиции технологии открытых горных работ откос уступа превращается в наклонную выемочную панель, в границах которой уголь тонкими выемочными слоями извлекается бульдозерами из недр. В нижней части каждой панели (на нижней площадке уступа) установлен забойный конвейер. Уголь толкают «сверху вниз» к самоходным погрузочным устройствам, передвигающимся вдоль забойного конвейера. На выемке угля работают шесть мощных бульдозеров типа *Caterpillar D11* или *Komatsu D575A*. Уголь через погрузочные устройства подается на конвейер. Длина траектории набора призмы волочения бульдозером находится в диапазоне 120-200 м. Уголь вынимают в двух панелях шириной 180-200 м и протяженностью 1240-1530 м каждая.

К настоящему времени дальность транспортировки угля до тепловой электростанции 2 составляет 6,4 км. Отметим, что на участках вскрытого угля, на которых не производятся добычные работы, осуществляют орошение поверхности пласта с целью исключения возгорания.

Развитие горных работ в карьере по добыче угля 3 («Тралалгон-Восток») производится в северо-восточном направлении. Это направление обозначено в правом сек-

торе (см. *рисунк*) стрелкой. В карьере работают четыре роторных экскаватора, один из которых задействован на вскрышных работах. Вскрышную толщу отработывают одним уступом высотой до 20 м роторным экскаватором без предварительного рыхления. Длина вскрышного уступа Г-образной формы в плане составляет 4650 м. Ширина экскаваторной заходки равна 65 м. Вскрыша, отгружаемая роторным экскаватором, транспортируется по двум конвейерам. По одному конвейеру вскрышные породы направляют в выработанное пространство карьера на внутренний отвал, а по другому – на внешний. В обоих случаях на отвалах используют отвалообразователи.

Площадь вскрытого угля находится на уровне 260 га. Угольный пласт мощностью 60-70 м отработывают пятью уступами. К настоящему времени дальность транспортировки угля до двух электростанций (точки 4 и 5 на *рисунке*) составляет 6,7 км. Отметим, что в карьере масштабно используют водное орошение открытых поверхностей угольных пластов.

Суммарная мощность по добыче угля двух карьеров составляет 25 млн т угля в год. Весь уголь сжигается на месте. В настоящее время на трех электростанциях (точки 2, 4, 5) работают 12 энергоблоков. Суммарная установленная мощность энергоблоков составляет, по нашей оценке, 3500 Мвт.

По данным дистанционного мониторинга Земли из космоса выявлено закрытие трех предприятий топливно-энергетического комплекса. В период с 2017 по 2018 г. были остановлены горные работы в карьере по добыче угля 6 («Моруэлл»), а также были демонтированы основные и вспомогательные производственные здания и сооружения двух тепловых электростанций 7 и 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование сектора австралийского ТЭК в штате Виктория высвечивает сокращение открытой угледобычи и вывод значительных производственных мощностей по выработке электроэнергии на основе сжигания угля. По нашей оценке, в исследуемом секторе объем добычи угля сократился с 45 до 25 млн т в год. Сокращение этого показателя связано с закрытием двух крупных тепловых электростанций. Вместе с тем экономически благоприятные условия залегания угольных пластов, их горно-геологические характеристики, возможность организации водохранилищ для выработки пара на тепловых станциях позволили в условиях юго-востока Австралии предлагать самые низкие тарифы на материке, используя при этом давно известный в мировой экономике эффект от масштаба производства.

Список литературы

1. Терехин Э.А. Влияние лесистости залежных земель лесостепи на спектрально-отражательные характеристики по данным Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 223-235.
2. Раевский Б.В., Тарасенко В.В., Петров Н.В. Оценка современного состояния растительных сообществ заповедника «Костомукшский» по спутниковым снимкам системы Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 3. С. 47-61.

3. Озарян Ю.А., Бубнова М.Б., Усиков В.И. Методика дистанционного мониторинга природно-технических систем (в условиях горнопромышленных территорий юга Дальнего Востока России) // Горный журнал. 2020. № 2. С 84-87.
4. Zenkov I.V., Le Hung T., Vokin V.N. et al. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Opencast Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore // Ecology and Industry of Russia. 2022. V. 26, I. 1, P. 24-29.
5. Zenkov I.V., Morin A.S., Vokin V.N., Kiryushina E.V. Remote sensing of mining and haul-age equipment arrangement in Russia: A case-study of the coal and iron ore industry // Eurasian mining. 2020. No. 2. pp. 46-49.
6. Cieřlik K., Milczarek W. Application of Machine Learning in Forecasting the Impact of Mining Deformation: A Case Study of Underground Copper Mines in Poland. Remote Sensing. 2022; 14(19):4755. <https://doi.org/10.3390/rs14194755>.
7. Jiao R., Wang S., Yang H., Guo X., Han J., Pei X., Yan C. Comprehensive Remote Sensing Technology for Monitoring Landslide Hazards and Disaster Chain in the Xishan Mining Area of Beijing. Remote Sensing. 2022; 14(19):4695. <https://doi.org/10.3390/rs14194695>.
8. Yang W., Mu Y., Zhang W., Wang W., Liu J., Peng J., Liu X., He T. Assessment of Ecological Cumulative Effect due to Mining Disturbance Using Google Earth Engine. Remote Sensing. 2022; 14(17):4381. <https://doi.org/10.3390/rs14174381>.
9. Tian H., Liu S., Zhu W., Zhang J., Zheng Y., Shi J., Bi R. Deciphering the Drivers of Net Primary Productivity of Vegetation in Mining Areas. Remote Sensing. 2022; 14(17):4177. <https://doi.org/10.3390/rs14174177>.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.08.2023).

ABROAD

Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, Yu.P. Yuronen, V.N., Vokin, E.V. Kiryushina, E.V. Cherepanov, E.I. Gerasimova, K.A. Shtresler, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 105-108
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-105-108>

Title

INVESTIGATING INTO DYNAMICS OF COAL MINING AND ELECTRICITY GENERATION CAPACITIES IN THE STATE OF VICTORIA USING EARTH'S REMOTE SENSING DATA

Authors

Zenkov I.V.^{1,2}, Trinh Le Hung³, Yuronen Yu.P.¹, Vokin V.N.⁴, Kiryushina E.V.⁴, Cherepanov E.V.⁴, Gerasimova E.I.⁴, Shtresler K.A.⁴, 2023

¹ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

² Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660064, Russian Federation

³ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

⁴ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Authors Information

Zenkov I.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung, PhD (Engineering), Associate Professor

Yuronen Yu.P., PhD (Economic), Associate Professor

Vokin V.N., PhD (Engineering), Professor

Kiryushina E.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Cherepanov E.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Gerasimova E.I., Senior lecturer

Shtresler K.A., Senior lecturer

Abstract

The article provides the results of assessing the main technological indicators of mining transport equipment in coal mining pits in the State of Victoria (Australia). A decrease in production capacities for coal mining and electricity generation at thermal power plants has been revealed based on the satellite imagery data. A conclusion is made that the economies of production scale help to keep electricity tariffs for coal-fired power generation in the state at very low levels.

Keywords

Earth remote sensing, Australia, State of Victoria, Coal pit mines, Thermal power plants, Coal mining capacity, Economies of scale, Generation of electricity at thermal power plants.

References

1. Terekhin E.A. Influence of forest cover of the fallow lands in the forest-steppe on the spectral-reflectance characteristics based on Sentinel-2 data. (In Russ.).
2. Raevsky B.V., Tarasenko V.V. & Petrov N.V. Assessment of current state of plant communities in the Kostamuksha Natural Park based on Landsat satellite images. (In Russ.).
3. Ozaryan Yu.A., Bubnova M.B. & Usikov V.I. Methodology of remote monitoring of natural and technological systems (in conditions of mining areas in the south of the Russian Far East). (In Russ.).
4. Zenkov I.V., Le Hung T., Vokin V.N. et al. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Opencast Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore. *Ecology and Industry of Russia*, 2022, Vol. 26, (1), pp 24-29.

5. Zenkov I.V., Morin A.S., Vokin V.N. & Kiryushina E.V. Remote sensing of mining and haul-age equipment arrangement in Russia: A case-study of the coal and iron ore industry. *Eurasian mining*, 2020, (2), pp. 46-49.

6. Cieřlik K. & Milczarek W. Application of Machine Learning in Forecasting the Impact of Mining Deformation: A Case Study of Underground Copper Mines in Poland. *Remote Sensing*, 2022; 14(19):4755. <https://doi.org/10.3390/rs14194755>.

7. Jiao R., Wang S., Yang H., Guo X., Han J., Pei X. & Yan C. Comprehensive Remote Sensing Technology for Monitoring Landslide Hazards and Disaster Chain in the Xishan Mining Area of Beijing. *Remote Sensing*, 2022; 14(19):4695. <https://doi.org/10.3390/rs14194695>.

8. Yang W., Mu Y., Zhang W., Wang W., Liu J., Peng J., Liu X. & He T. Assessment of Ecological Cumulative Effect due to Mining Disturbance Using Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 2022; 14(17):4381. <https://doi.org/10.3390/rs14174381>.

9. Tian H., Liu S., Zhu W., Zhang J., Zheng Y., Shi J. & Bi R. Deciphering the Drivers of Net Primary Productivity of Vegetation in Mining Areas. *Remote Sensing*, 2022; 14(17):4177. <https://doi.org/10.3390/rs14174177>.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.08.2023).

Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

For citation

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Gerasimova E.I. & Shtresler K.A. Investigating into dynamics of coal mining and electricity generation capacities in the State of Victoria using Earth's remote sensing data. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 105-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-105-108.

Paper info

Received June 3, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023



МАЙНЕКС 2023
РОССИЯ

4-5 октября 2023 - Москва, Россия
Рэдиссон Славянская

19-Й ГОРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФОРУМ И ВЫСТАВКА
МАЙНЕКС РОССИЯ
2023

2023.minextrussia.com



Возрождаем традиции!

ПОШИВ ПАРАДНЫХ КОСТЮМОВ ГОРНОГО ИНЖЕНЕРА И ДРУГИХ ИТР
К ДНЮ ШАХТЁРА, ДНЮ МЕТАЛЛУРГА, ЮБИЛЕЮ КОМПАНИИ,
КОРПОРАТИВНОМУ ПРАЗДНИКУ

В комплект входит: **костюм, галстук, фуражка** (для категорий с 1 по 15)



Нами выполняются заказы для ведущих и крупнейших угольных, горнорудных и горно-обогатительных предприятий России. И приглашаем к плодотворному сотрудничеству всех кто ценит культуру Горного дела!

- 10 лет опыта
- на 2023 год отшито и своевременно поставлено более 2500 компл.
- имеем опыт присвоения категорий в соответствии с должностями угольной, горнодобывающей и металлургической промышленности
 - запасы ткани и фурнитуры на более чем 200 костюмов

**ГИБКИЕ УСЛОВИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА,
ВЫЕЗД С ПРИМЕРОЧНЫМИ КОСТЮМАМИ!**

тел.: +7 (351) 799-56-68. +7-909-089-19-18
artprofposhiv@mail.ru www.artprofposhiv.ru

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ФАБРИКА ПО ПОШИВУ
ПАРАДНЫХ КОСТЮМОВ ГОРНОГО ИНЖЕНЕРА

