

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

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

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

9-2022

ШЛАМОВЫЕ НАСОСЫ TAPP GROUP- ГЕРМЕТИЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ



РЕКЛАМА

TAPP GROUP
TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY

Подробнее на стр. 32-33

ПАРАДЫ ШАХТЕРСКИХ ДЕЛЕГАЦИЙ

Более 5 тысяч шахтеров северной агломерации приняли участие в Параде шахтерских делегаций в Кемерове. Делегации прошли мимо строящегося спортивного комплекса «КуЗбасс-Арена» и Ледового дворца «КуЗбасс».

Помимо представителей шахтерских профессий в праздничном строе прошли сотрудники Кузбасского литейного завода, КОКСа и РЖД.

На праздник в южной столице КуЗбасса – Новокузнецке собрались ветераны и работники угольных предприятий Междуреченска, Калтана, Осинников, Мысков, Киселевска, Краснобродского, Прокопьевска, Новокузнецка, Гурьевского, Прокопьевского и Новокузнецкого округов, Таштагольского района. В параде приняли участие более 6 тысяч человек, еще 4 тысячи были зрителями и приветствовали работников и ветеранов главной отрасли региона.

«В этом году мы проводим праздничные мероприятия сразу в трех городах: в Полысаево – столице празднования Дня шахтёра и в столицах агломераций – Кемерове и Новокузнецке. Мы стремимся к тому, чтобы весь КуЗбасс,



СУЭК

СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

каждый населенный пункт развивались равномерно, чтобы условия жизни и работы для всех кузбассовцев были комфортными. Шахтерское дело держится на традициях. Сегодня мы заложим еще одну – прохождение шахтерских делегаций. Это еще раз подчеркивает авторитет шахтерской профессии, такой нужной всей нашей стране. Шахтер – профессия почетная и уважаемая. КуЗбасс гордится тем, что он – шахтерский край», – подчеркнул губернатор КуЗбасса Сергей Цивилев.

За высокие производственные показатели, безграничную верность мужественному горняцкому делу ветераны и передовики производства были награждены областными наградами – медалями «300-летие образования КуЗбасса», «За служение КуЗбассу» и «За веру и добро».

Затем началась праздничная программа в честь 75-летия Дня шахтёра, а также кузбассовцы увидели выступление авиационной группы высшего пилотажа Военно-воздушных сил России «Стрижи». Завершилось празднование красочным фейерверком.



Фото: К. Полюцкий,
Д. Ярощук



Главный редактор
МОЧАЛЬНИКОВ С.В.
 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
ЛИТВИНЕНКО В.С.,
 доктор техн. наук, профессор
МАЛЫШЕВ Ю.Н., академик РАН,
 доктор техн. наук, профессор
МОХНАЧУК И.И., канд. экон. наук
МОЧАЛЬНИКОВ С.В., 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

Иностранные члены редколлегии

Проф. **Гюнтер АПЕЛЬ**,
 доктор техн. наук, Германия
 Проф. **Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ**,
 доктор техн. наук, Германия
 Проф. **Юзеф ДУБИНЬСКИ**,
 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

9-2022 /1158/

УГОЛЬ

СОДЕРЖАНИЕ

Памяти Юрия Николаевича Малышева (01.09.1939 – 05.09.2022) _____ 4

ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА

Горноспасатели Березовского разреза вошли в число сильнейших в СУЭК _____ 6

Петренко И.Е.

Итоги работы угольной промышленности России за январь-июнь 2022 года _____ 7

Хроника. События. Факты. Новости _____ 23

ЗА РУБЕЖОМ

Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Юрковская Г.И., Суслов Д.Н., Вокин В.Н., Кирюшина Е.В.,
 Раевич К.В., Латынцев А.А., Маглинец Ю.А., Кондрашов П.М., Павлова П.Л.

Технологии и особенности открытых горных работ на месторождениях угля
 на острове Калимантан в Индонезии по данным спутниковой съемки _____ 28

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Лохов Д.С.

Шламовые насосы. Абсолютная герметичность _____ 32

ЭКОНОМИКА

Доброхотова М.В.

Особенности перехода российской угольной промышленности
 к наилучшим доступным технологиям _____ 34

Петров И.В., Уткин И.И., Джайянт В.Б.

Предложения по декарбонизации угольной промышленности и устойчивому
 развитию обособленных регионов на основе подземной газификации углей _____ 41

Зозуля А.В., Зозуля П.В., Титов С.А., Титова Н.В., Мезина Т.В.

Эффективность использования цифровых технологий в производственных
 процессах угольной промышленности _____ 47

Перстенёва Н.П., Токарев Ю.А., Горбунова О.А., Кравченко О.В.

Моделирование влияния потребления различных видов энергоресурсов
 на экономическое развитие страны _____ 53

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Демин В.Ф., Алиев С.Б., Юсупов Х.А., Долгоносов В.Н., Портнов В.С., Ожигин С.Г.

Совершенствование технологии анкерного крепления приконтурного массива
 при проведении горных выработок на угольных шахтах _____ 56

БЕЗОПАСНОСТЬ

Алиев С.Б., Ходжаев Р.Р., Кенжин Б.М., Смирнов Ю.М., Гречишкин П.В., Асаинов С.Т.

Определение температурных границ стадий самовозгорания угля _____ 61

Филин А.Э., Курносов И.Ю., Колесникова Л.А., Овчинникова Т.И., Колесников А.С.

К вопросу моделирования процесса осаждения пыли для условий угольной шахты _____ 67

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 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:**

Ведущий редактор О.И. ГЛИНИНА

Научный редактор И.М. КОЛОБОВА

Корректор В.В. ЛАСТОВ

Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 08.09.2022.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,0 + обложка.

Тираж 5100 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 6700 экз.

Отпечатано:

ООО «РОЛИКС ПРИНТ»

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

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 115200

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

Загрузите в

App Store

ЗАГРУЗИТЕ НА

Google play

Крайнов А.Ю., Лукашов О.Ю., Моисеева К.М., Колегов Г.А.

Влияние горения угольной пыли на интенсивность ударной волны**от аварийного взрыва метана в шахте** _____ **73**

Кузина Е.С.

Создание механизма обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля _____ **79****ЭКОЛОГИЯ**

Сафронова О.С., Ламанова Т.Г., Шеремет Н.В., Доронькин В.М., Азев В.А.

Особенности видового состава серийных группировок, приуроченных**к северным склонам вскрышных отвалов в аридных районах Хакасии****(Разрез «Черногорский»)** _____ **84****Список реклам**

ТАРП	1-я обл.	ООО «НПФ «ГРАНЧ»	4-я обл.
АО «СУЭК»	2-я обл.	НПП Завод МДУ	22
МВДЦ «Сибирь»	3-я обл.		

* * *

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 Q3)**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:– Объединенный каталог «Пресса России» – **87717; 87776; T7728; Э87717**– Каталог «Урал-Пресс» – **71000; 87776; 007097; 009901**

Chief Editor**MOCHALNIKOV S.V.**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

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

MALYSHEV Yu.N., Dr. (Engineering), Prof.,
Acad. of the RAS, Moscow, 125009,
Russian Federation

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

MOCHALNIKOV S.V., Ph.D. (Economic),
Moscow, 107996, 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

ROZHKOV 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),
Freiberg, 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' 2022****UGOL' / RUSSIAN
COAL
JOURNAL****CONTENT**

Malyshev Yuriy Nikolaevich (01.09.1939 – 05.09.1022) _____	4
INFORMATION & ANALYTICS	
Mine Rescue Service of the Russian Federation _____	6
Petrenko I.E.	
Russia's coal industry performance for January – June, 2022 _____	7
The chronicle. Events. The facts. News _____	23
ABROAD	
Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yurkovskaya G.I., Suslov D.N., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Maglinets Yu.A., Kondrashov P.M., Pavlova P.L.	
Technologies and features of surface mining of coal deposits on the Island of Kalimantan in Indonesia based on satellite imaging data _____	28
COAL PREPARATION	
Lokhov D.S.	
Slurry pumps. Absolute containment _____	32
ECONOMIC OF MINING	
Dobrokhotova M.V.	
Specific features of the Russian coal industry's transition to the best available technologies _____	34
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 _____	41
Zozulya A.V., Zozulya P.V., Titov S.A., Titova N.V., Mezina T.V.	
The effectiveness of the use of digital technologies in the production processes of the coal industry _____	47
Persteneva N.P., Tokarev Yu.A., Gorbunova O.A., Kravchenko O.V.	
Modeling of influence of different energy resources consumption on the economic development of the country _____	53
UNDERGROUND MINING	
Demin V.F., Aliev S.B., Yussupov Kh.A., Dolgonosov V.N., Portnov V.S., Ozhigin S.G.	
Improvement of the technology of anchoring of the contour massif during mining excavations in coal mines _____	56
SAFETY	
Aliev S.B., Khodzhayev R.R., Kenzhin B.M., Smirnov Yu.M., Grechishkin P.V., Assainov S.T.	
Determination of temperature limits of coal self-ignition stages _____	61
Filin A.E., Kurnosov I.Yu., Kolesnikova L.A., Ovchinnikova T.I., Kolesnikov A.S.	
Description of the methodology for conducting an experiment on dust deposition of mining and metallurgical production _____	67
Kraynov A.Yu., Lukashov O.Yu., Moiseeva G.A., Kolegov G.F.	
Effect of coal dust combustion on shockwave intensity of a methane explosion in an underground mine _____	73
Kuzina E.S.	
Creation of a mechanism to ensure labor safety in underground coal mining _____	79
ECOLOGY	
Safronova O.S., Lamanova T.G., Sheremet N.V., Doronkin V.M., Azev V.A.	
Species composition features of serial groupings on the north slopes of open-cut spoil dumps in arid regions of Khakassia («Chernogorsky» coal mine) _____	84

МАЛЫШЕВ Юрий Николаевич

(01.09.1939 – 05.09.2022)

С глубоким прискорбием сообщаем, что 5 сентября 2022 г. на 84 году жизни скончался Заслуженный деятель науки и техники РФ, академик Российской академии наук, Международной инженерной академии, Российской инженерной академии и Академии «Восток-Запад», основатель и Почетный президент НП «Горнопромышленники России», президент Академии горных наук, Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, президент Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, доктор технических наук, профессор ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ МАЛЫШЕВ.

Юрий Николаевич родился в г. Воронеже. Свой трудовой путь начал в 1956 г. рабочим на шахте в Кузбассе. После окончания в 1963 г. Кемеровского горного института по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых» работал на руководящих должностях в производственных объединениях «Южкузбассуголь» и «Гидроуголь». В 1978 г. он был назначен директором шахты «Зырянская», в 1980 г. – техническим директором – главным инженером ПО «Южкузбассуголь», а в 1985 г. – генеральным директором этого объединения.

В 1989 г. коллектив Института горного дела им. А.А. Скочинского на основе всесоюзного конкурса избрал Ю.Н. Малышева директором, где он работал до 1993 г., совмещая при этом с 1992 г. должность председателя Комитета по угольной промышленности Министерства топлива и энергетики Российской Федерации.

В 1993 г. распоряжением Совета Министров РФ Юрий Николаевич был назначен генеральным директором Государственного предприятия Российская угольная компания (компания «Росуголь»). В это же время он стал членом коллегии Министерства топлива и энергетики РФ и президентом Академии горных наук. Возглавив компанию «Росуголь», Юрий Николаевич с командой единомышленников провел реструктуризацию угольной промышленности, практически переформатировав отрасль. Пришлось столько пережить, перебороть, перенести трудностей и



сопротивлений, что не каждый смог бы завершить такой процесс. Благодаря реструктуризации угольная отрасль до сих пор благополучна и успешна в целом.

В 1997 г., после преобразования компании «Росуголь» в акционерное общество, Указом Президента России Ю.Н. Малышев был назначен ее президентом. В 1997 г. он возглавил Союз промышленников и предпринимателей угольной отрасли, а в 1999 г. стал президентом НП «Горнопромышленники России».

Юрий Николаевич не миновал ни одной ступени карьерного и профессионального роста в горном деле: от подкатчика шахты им. Ворошилова до руководителя угольной отрасли страны – компании «Росуголь». В науке он также прошел все уровни: от аспиранта до директора акаде-

мического Института горного дела им. А.А. Скочинского, директора, затем президента Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского, академика РАН.

Ю.Н. Малышев – автор более 140 научных работ, 43 патентов и изобретений. Под его научным руководством в 2000 г. выполнены чрезвычайно важные для экономики страны «Анализ и оценка минерально-сырьевой базы угольной промышленности Российской Федерации», получившие высокую оценку Правительства России.

Малышев Ю.Н. – один из авторов утвержденной Правительством РФ в 2003 г. «Энергетической стратегии России

на период до 2020 года», где он являлся руководителем рабочей группы по подготовке раздела по угольной промышленности.

Заслуги Юрия Николаевича Малышева перед страной и угольной промышленностью отмечены многочисленными званиями и наградами. Среди них: орден «За заслуги перед Отечеством» III степени; орден Почета, орден Дружбы народов; медаль «За доблестный труд»; орден святого благоверного князя Даниила Московского II и III степеней; знак «Шахтерская слава» всех трех степеней; орден преподобного Сергия Радонежского III степени; Патриарший знак святой великомученицы Варвары I степени; орден Святого Станислава и другие многочисленные награды общественных организаций.

Ю.Н. Малышев – Лауреат Премии Совета Министров СССР, Премии Ленинского Комсомола, Государственной премии Российской Федерации, Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за разработку и реализацию механизмов структурной перестройки и технологического развития угольной промышленности России, Почетный гражданин Кемеровской области, Герой труда Кузбасса.

В этот скорбный день коллеги по работе в угольной промышленности СССР и России, Министерство энергетики Российской Федерации, НП «Горнопромышленники России» и Высший горный совет, горная научная общественность, коллектив Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, редколлегия и редакция журнала «Уголь» выражают родным и близким Юрия Николаевича Малышева искренние соболезнования.

Светлая память о Юрии Николаевиче навсегда сохранится в наших сердцах.

Юрий Николаевич являлся заместителем председателя Международного организационного комитета Всемирного горного конгресса (МОК ВГК), членом Международного комитета по научным исследованиям в угольной промышленности. Его активная деятельность в этих авторитетных зарубежных органах высоко оценена международным горным сообществом. Он награжден Офицерским Крестом ордена «За заслуги перед Польской республикой», золотой медалью Дизеля (ФРГ), международной медалью Всемирного горного конгресса им. Крупинского.

Юрий Николаевич Малышев всегда был человеком слова и дела, его жизненная позиция – целеустремленность и забота о людях. Он на протяжении многих десятилетий являлся неизменным лидером, душой и мозговым центром угольной промышленности страны, постоянно заботясь о подготовке молодого поколения шахтерской смены.





Горноспасатели Березовского разреза вошли в число сильнейших в СУЭК

Горняки Березовского разреза стали бронзовыми призерами корпоративных соревнований СУЭК среди вспомогательных горноспасательных команд (ВГК) на открытых горных работах. Они были посвящены Дню шахтёра и проходили на Тугнуйском угольном разрезе в Бурятии. В соревнованиях приняли участие восемь команд добровольцев-горноспасателей со всех предприятий открытой угледобычи СУЭК.

Соревнования традиционно включали проверку целого комплекса знаний и навыков, а также оценку общей физической подготовки горноспасателей. Участники, в частности, демонстрировали теоретическую подготовку, на скорость надевали «боевую» одежду пожарного, проводили реанимационные мероприятия, тушили пожар на горнотранспортном оборудовании, обнаруживали и оказывали первую помощь пострадавшим, соревновались в беге на 100 м и спортивной эстафете.



По итогам всех испытаний Разрез Тугнуйский победил как лучшее отделение ВГК на открытых горных работах в номинациях «Лучший руководитель ликвидации аварии на открытых горных работах», «Лучший

руководитель горноспасательных работ на открытых горных работах», «Лучший командир отделения ВГК на открытых горных работах» и «Лучший боец ВГК на открытых горных работах».

Второе общекомандное место у горноспасателей АО «Ургалуголь» из Хабаровского края. Замкнули тройку лидеров добровольцы-спасатели Березовского разреза из Красноярского края. **В личных номинациях отличился слесарь-ремонтник цеха ремонта и монтажа горного оборудования Березовского разреза Евгений Купилов – он признан «Лучшим техником ВГК».**

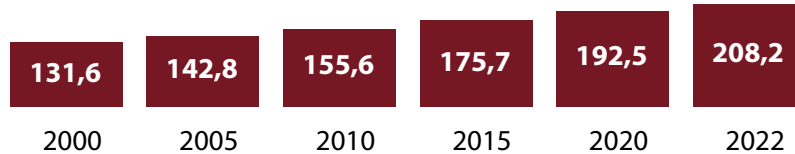
Добавим, что ВГК Березовского разреза также на протяжении многих лет остается одной из сильнейших не только в СУЭК. Добровольцы-горноспасатели предприятия – многократные победители краевых, межрегиональных и российских соревнований, лидеры номинаций-этапов XI Международных горноспасательных соревнований «IMRC-2018».

Вспомогательные горноспасательные команды – это добровольные формирования из числа сотрудников СУЭК разных профессий, которые в случае чрезвычайной ситуации готовы прийти на помощь своим коллегам и приступить к ликвидации ЧС еще до прибытия профессиональных спасателей. Восьмые по счету соревнования ВГК СУЭК, ставшие уже традиционными, в этом году посвящены юбилейным датам: 100-летию создания государственной горноспасательной службы России, 300-летию угольной отрасли России, 75-й годовщине празднования Дня шахтёра.



ИТОГИ РАБОТЫ угольной промышленности России за январь – июнь 2022 года

Добыча угля в России за январь-июнь, млн т



* По данным Росстата.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-7-22>

Источники использованных данных: Росстат, отчетные данные предприятий по добыче и переработке угля, пресс-релизы угольных компаний, а также отечественные и зарубежные литературные и интернет-источники.

Аналитический обзор итогов работы угольной промышленности России за январь-июнь 2022 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: Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь – июнь 2022 года // Уголь. 2022. № 9. С. 7-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-7-22>.

ПЕТРЕНКО И.Е.

Горный инженер,
кандидат технических наук,
Независимый
горный консультант-эксперт
(угольная промышленность),
Почетный шахтер
e-mail: coaldepartment@inbox.ru

ВВЕДЕНИЕ

Россия является одним из мировых лидеров по производству и экспорту угля, она занимает шестое место в мире по объемам угледобычи после Китая, Индии, Индонезии, США и Австралии (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 Минэнерго России, запасы угля в РФ по состоянию на конец 2021 г. превышают 400 млрд т. Согласно данным Минприроды России, запасы угля в РФ расположены в границах 22 угольных бассейнов и 146 отдельных месторождений. 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 антрацитов учитываются в объеме 9 млрд т. Порядка 174,6 млрд т (63%) запасов угля пригодны для условий открытой разработки.

По отчетным данным угледобывающих компаний, фонд действующих угледобывающих предприятий России по состоянию на 01.06.2022 насчитывает 153 предприятия, в том числе 52 шахты и 101 разрез.

В России уголь потребляется практически во всех субъектах Российской Федерации. Основные потребители угля на внутреннем рынке – это электростанции и коксохи-

мические заводы. Из угледобывающих регионов самым крупным производителем и поставщиком угля является Кемеровская область – Кузбасс, в январе-июне 2022 г. здесь произведено более половины (51%) всего добываемого угля в стране, а также 59% углей коксующихся марок. Кузбасс является также крупнейшим экспортером российского угля (57,2%), в том числе для коксования.

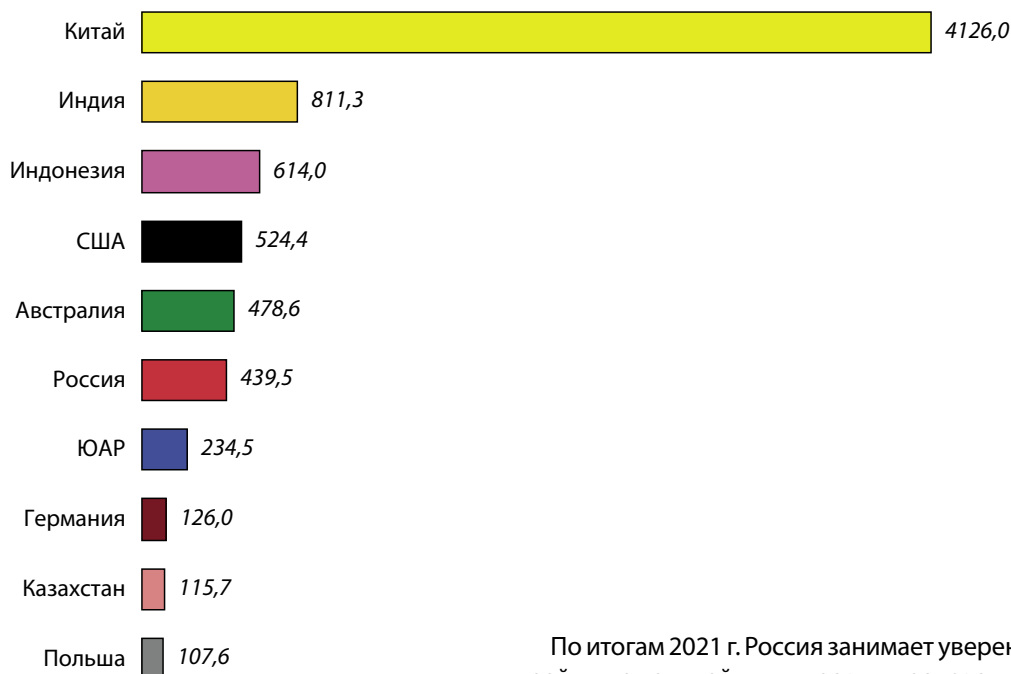
МИРОВАЯ ДОБЫЧА УГЛЯ

Добыча угля крупнейшими странами – производителями угля в 2011-2021 гг., млн т

Страны-углепроизводители	Годы										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Китай	3764,4	3945,1	3974,3	3873,9	3746,5	3410,6	3523,6	3697,7	3846,3	3901,6	4126,0
Индия	563,7	605,6	608,5	646,2	674,2	689,8	711,7	760,4	753,9	759,3	811,3
Индонезия	353,3	386,1	474,4	458,1	461,6	456,2	461,2	557,8	616,2	563,7	614,0
США	993,9	922,1	893,4	907,2	813,7	660,8	702,7	686,0	640,8	485,7	524,4
Австралия	423,2	448,2	472,8	505,3	503,7	502,1	487,2	502,0	505,4	470,0	478,6
Россия	341,7	357,2	352,5	358,3	369,3	388,1	417,3	444,9	443,5	402,5	439,5
ЮАР	252,8	258,6	256,3	261,4	252,2	249,7	252,3	250,0	254,4	245,8	234,5
Германия	188,6	196,2	190,6	185,8	184,3	175,4	175,1	168,8	131,3	107,4	126,0
Казахстан	116,4	120,5	119,6	114,0	107,3	103,1	112,3	118,5	115,0	113,4	115,7
Польша	139,3	144,1	142,9	137,1	135,8	131,0	127,1	122,4	112,4	100,7	107,6
Мировая добыча, всего	7956,6	8185,6	8256,1	8179,8	7947,8	7476,0	7695,7	8068,5	8111,4	7732,0	8172,6
В том числе страны ЕС	571,2	573,5	545,5	528,1	519,1	478,9	489,7	475,1	381,6	311,0	340,3

Источник: bp Statistical Review of World Energy, June 2022, Россия – по данным АО «Росинформуголь».

Рейтинг стран – крупнейших мировых производителей угля в 2021 г., млн т



Источник: bp Statistical Review of World Energy, June 2022, Россия – по данным АО «Росинформуголь».

По итогам 2021 г. Россия занимает уверенное 6-е место в рейтинге крупнейших мировых производителей угля. При этом доля Российской Федерации в общемировой добыче угля составила в 2021 г. 5,4% (для сравнения, доля Китая в этот же период составила 50,5%).

ДОБЫЧА УГЛЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Добыча угля в России за январь-июнь 2022 г. составила, по данным Росстата, 208,2 млн т. Отмечено снижение объема добычи угля по сравнению с уровнем первого полугодия 2021 г. на 1,6 млн т, или на 0,8%.

По отчетным данным угледобывающих компаний, добыча угля в России за январь-июнь 2022 г. составила 212,7 млн т. Она незначительно снизилась по сравнению с первым полугодием 2021 г. – на 0,5 млн т, или на 0,2%. Поквартальная добыча составила: в первом квартале – 108,2 млн т; во втором – 104,5 млн т.

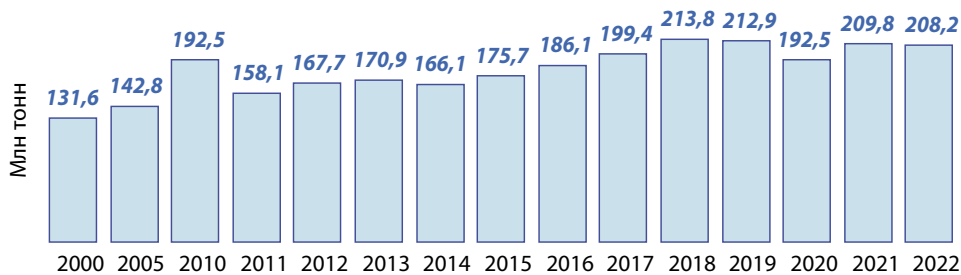
Добыча угля подземным способом составила 52,3 млн т угля (на 5,4 млн т, или на 9,4% меньше, чем годом ранее). Из них в первом квартале добыто 27,5 млн т, во втором – 24,8 млн т.

Добыча угля открытым способом составила 160,4 млн т (на 4,9 млн т, или на 3,2% выше уровня первого полугодия 2021 г.). Из них в первом квартале добыто 82,8 млн т, во втором – 77,6 млн т. Удельный вес открытого способа в общей добыче составил 75,4% (годом ранее было 72,9%).

За январь-июнь 2022 г. проведено 191,7 км горных выработок (на 22,3 км, или на 10,4% ниже прошлогоднего уровня), в том числе вскрывающих и подготавливающих выработок – 149,1 км (на 20,3 км, или на 12% меньше, чем годом ранее). При этом уровень комбайновой проходки составляет 96,3% от общего объема проведенных выработок (годом ранее этот показатель составлял 94%).

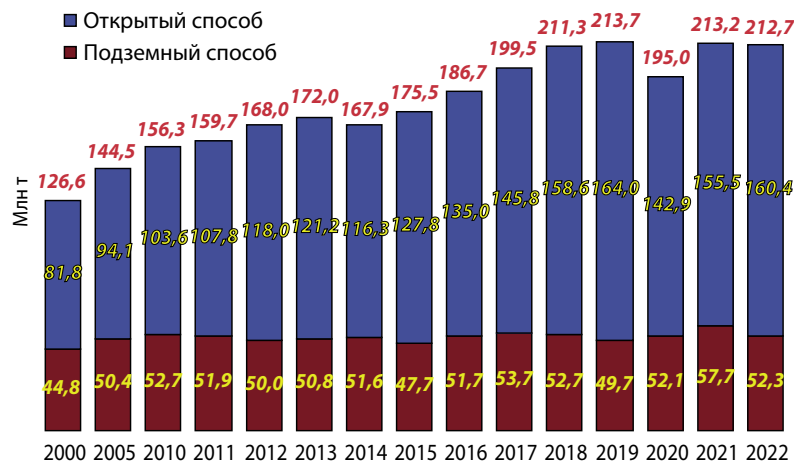
Объем вскрышных работ за январь-июнь текущего года составил 1161,9 млн м³ (на 161,8 млн м³, или на 16,2% выше объема аналогичного периода 2021 г.).

Добыча угля в России в январе-июне 2000-2022 гг.



Источник: Росстат.

Добыча угля в России в январе-июне 2000-2022 гг. по способам добычи

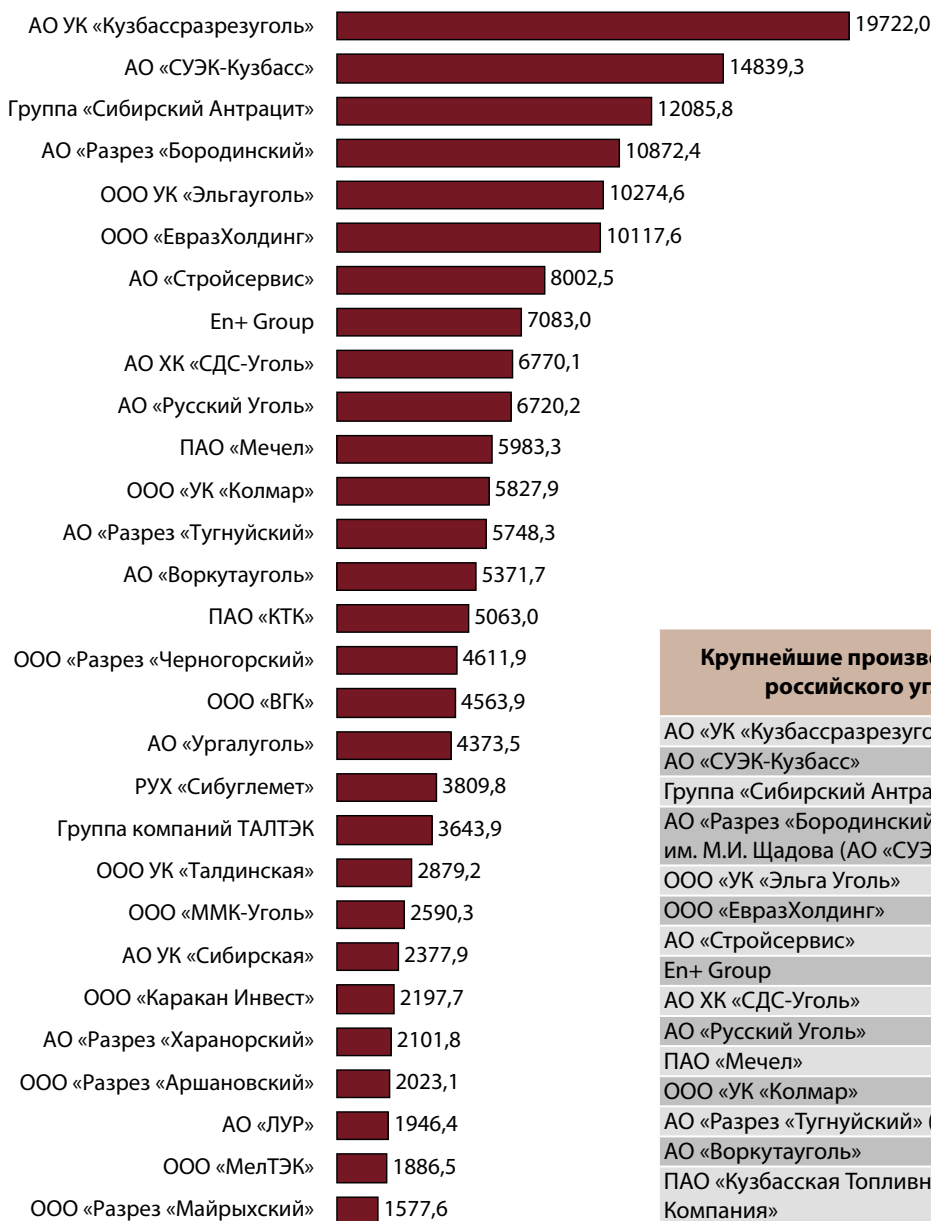


Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

ДОБЫЧА УГЛЯ ПО УГОЛЬНЫМ БАСЕЙНАМ И ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ

В январе-июне 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года добыча угля увеличилась в трех из пяти основных угольных бассейнов страны: в Канско-Ачинском бассейне – на 3 млн т, или +17,5% (добыто 20,2 млн т), в Южно-Якутском бассейне – на 5,1 млн т, или

+37% (добыто 19 млн т) и в Печорском бассейне – на 1 млн т, или +23,8% (добыто 5,4 млн т). Снижение добычи угля отмечено в Донецком бассейне – на 0,8 млн т, или -22,5% (добыто 2,9 млн т) и в Кузнецком бассейне – на 8,2 млн т, или на -7,1% (добыто 108,6 млн т).

Рейтинг крупнейших российских производителей угля
 по результатам января-июня 2022 г., тыс. т


Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

В январе-июне 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года добыча угля возросла в двух из четырех федеральных округов России, осуществляющих добычу угля: в Северо-Западном ФО, где было добыто 5,4 млн т (рост на 23,6%) и в Дальневосточном ФО – 43 млн т (рост на 8,1%). Добыча угля снизилась в Сибирском ФО – 156,7 млн т (снижение на 3,1%) и в Южном ФО, здесь было добыто 2,9 млн т (снижение на 22,5%).

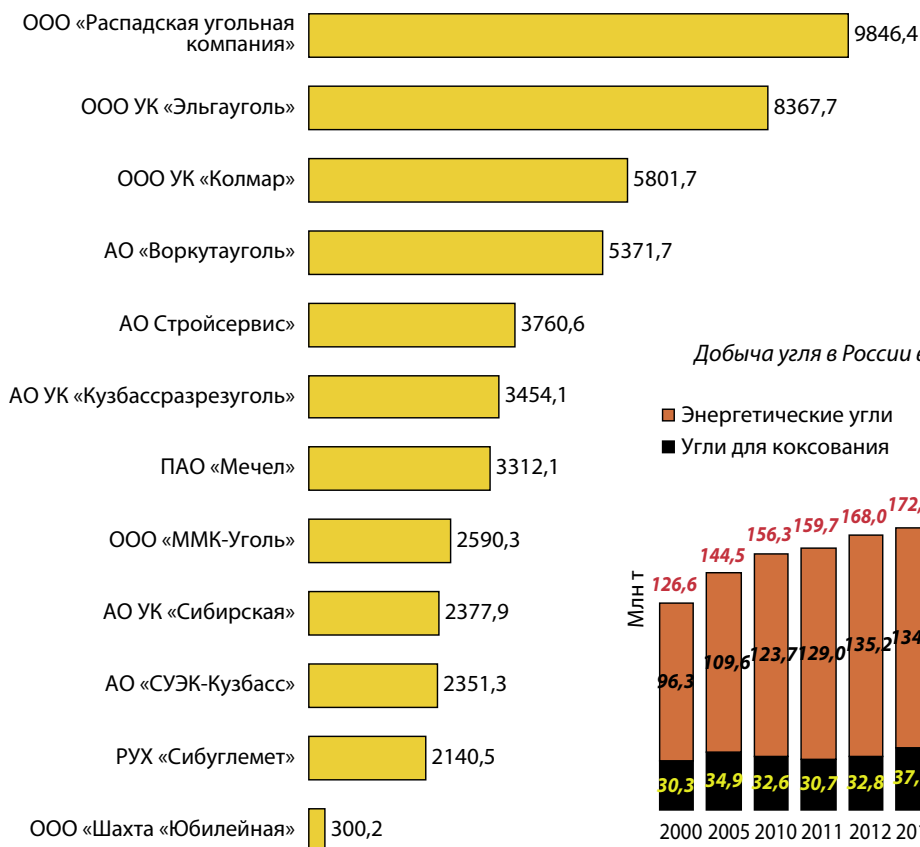
Приведенные в таблице компании суммарно добыли в январе-июне 2022 г. 175065,2 тыс. т угля, что составляет 82,3% от общего объема угледобычи в России за указанный период.

Крупнейшие производители российского угля	Январь-июнь 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
АО «УК «Кузбассразрезуголь»	19722,0	109,1
АО «СУЭК-Кузбасс»	14839,3	86,1
Группа «Сибирский Антрацит»	12085,8	118,0
АО «Разрез «Бородинский» им. М.И. Щадова (АО «СУЭК»)	10872,4	109,3
ООО «УК «Эльга Уголь»	10274,6	161,4
ООО «ЕвразХолдинг»	10117,6	86,8
АО «Стройсервис»	8002,5	101,5
En+ Group	7083,0	103,6
АО ХК «СДС-Уголь»	6770,1	70,2
АО «Русский Уголь»	6720,2	100,3
ПАО «Мечел»	5983,3	106,8
ООО «УК «Колмар»	5827,9	124,9
АО «Разрез «Тугнуйский» (АО «СУЭК»)	5748,3	95,2
АО «Воркутауголь»	5371,7	123,8
ПАО «Кузбасская Топливная Компания» (разрез «Виноградовский»)	5063,0	87,6
ООО «Разрез «Черногорский» (АО «СУЭК»)	4611,9	96,9
ООО «Восточная Горнорудная Компания» (разрез «Солнцевский»)	4563,9	94,9
АО «Ургалуголь» (АО «СУЭК»)	4373,5	78,1
РУХ «Сибуглемет»	3809,8	72,0
Группа компаний ТАЛТЭК	3643,9	83,2
ООО УК «Талдинская»	2879,2	113,5
ООО «ММК-Уголь»	2590,3	108,8
АО УК «Сибирская»	2377,9	90,6
ООО «Каракан Инвест»	2197,7	92,9
АО «Разрез «Харанорский» (АО «СУЭК»)	2101,8	104,4
ООО «Разрез «Аршановский»	2023,1	90,1
АО «ЛУР»	1946,4	105,4
ООО «МелТЭК»	1886,5	83,1
ООО УК «Разрез «Майрыхский»	1577,6	58,4

Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

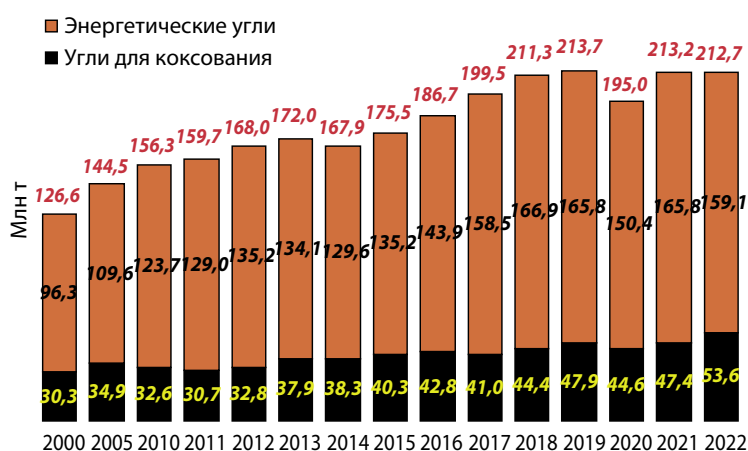
ДОБЫЧА УГЛЯ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ

Рейтинг крупнейших российских производителей угля для коксования по результатам января-июня 2022 г., тыс. т



Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

Добыча угля в России в январе-июне 2000-2022 гг. по видам углей



Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

В январе-июне 2022 г. было добыто 53,6 млн т коксующегося угля, что на 6,2 млн т, или на 13,1% выше уровня первого полугодия 2021 г. Доля углей для коксования в общей добыче составила 25,2% (годом ранее было 23,3%). Основной объем добычи этих углей пришелся на предприятия Кузбасса – 74,5%. Здесь было добыто 31,65 млн т угля для коксования, что на 3,19 млн т меньше, чем годом ранее (снижение на 9,2%). В Республике Саха (Якутия) было

добыто 16,36 млн т угля для коксования (годом ранее было 8,25 млн т, рост на 98,3%). Добыча коксующегося угля в Печорском бассейне составила 5,37 млн т (6 мес. 2021 г. – 4,34 млн т, рост на 23,8%).

Приведенные в таблице компании суммарно добыли в январе-июне 2022 г. 49674,5 тыс. т угля для коксования, что составляет 92,6% от общего объема добычи этого вида углей в России.

Крупнейшие производители российского угля для коксования	Январь-июнь 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
ООО «Распадская угольная компания»	9846,4	84,4
ООО УК «Эльга Уголь»	8367,7	120,9
ООО УК «Колмар»	5801,7	124,9
– ГОК «Денисовский»	2406,8	81,6
– ГОК «Инаглинский»	3394,9	204,3
АО «Воркутауголь»	5371,7	123,8
АО «Стройсервис»	3760,6	127,1
– ООО СП «Барзасское товарищество»	857,7	112,2
– ООО «Шахта № 12»	807,5	115,8
– ООО «Разрез «Березовский»	952,2	109,5
– АО «Разрез «Шестаки»	543,2	170,8
АО УК «Кузбассразрезуголь»	3454,1	106,5

Крупнейшие производители российского угля для коксования	Январь-июнь 2022 г., тыс. т	% к 2021 г.
ПАО «Мечел»	3312,1	97,4
– АО ХК «Якутуголь»	2186,7	100,0
– ПАО «Южный Кузбасс»	1125,4	87,9
ООО «ММК-Уголь»	2590,3	108,8
АО УК «Сибирская»	2377,9	90,6
АО «СУЭК-Кузбасс»	2351,3	88,3
РУХ «Сибуглемет»	2140,5	72,0
– АО «Междуречье»	1423,1	73,2
– АО «Шахта «Антоновская»	493,0	111,8
– АО «Шахта «Большевик»	224,4	69,9
ООО «Шахта «Юбилейная»	300,2	25,6

Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

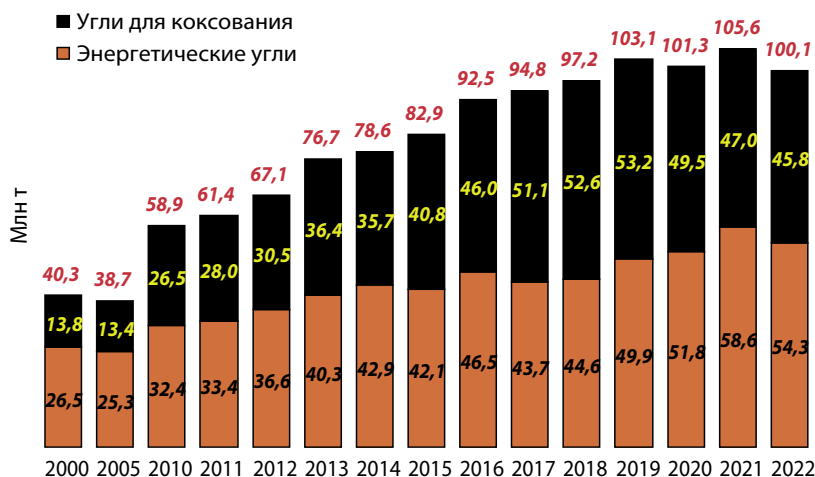
Общий объем переработки угля в январе-июне 2022 г. с учетом переработки на установках механизированной породовыборки составил 106,7 млн т (на 5,26 млн т, или на 5,2% выше уровня аналогичного периода 2021 г.).

На обогатительных фабриках переработано 100,1 млн т (на 5,4 млн т, или на 5,1% меньше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 45,8 млн т (на 1,2 млн т, или на 2,6% ниже уровня первого полугодия 2021 г.).

Выпуск концентрата составил 61 млн т (на 2,8 млн т, или на 4,5% меньше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 27,8 млн т (на 1,7 млн т, или на 5,7% ниже уровня первого полугодия 2021 г.).

Выпуск углей крупных и средних классов составил 9 млн т (на 0,6 млн т, или на 5,9% меньше, чем годом ранее), в том числе антрацитов – 1,1 млн т (на 18 тыс. т, или на 1,2% ниже уровня первого полугодия 2021 г.).

Динамика обогащения угля на обогатительных фабриках России в январе-июне 2000-2022 гг.



Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

Дополнительно переработано на установках механизированной породовыборки 1,1 млн т угля (на 100 тыс. т, или на 8,3% ниже уровня января-июня 2021 г.).

Переработка угля на обогатительных фабриках в январе-июне 2022 г., тыс. т

Бассейны, регионы	Всего			В том числе для коксования		
	6 мес. 2022	6 мес. 2021	К уровню 6 мес. 2021, %	6 мес. 2022	6 мес. 2021	К уровню 6 мес. 2021, %
Всего по России	100115,9	105525,4	94,9	45756,6	46988,5	97,4
Печорский бассейн	5017,0	4275,0	117,4	5017,0	4275,0	117,4
Донецкий бассейн	2080,2	2992,1	69,5	-	-	-
Новосибирская обл.	3025,5	2999,9	100,9	-	-	-
Кузнецкий бассейн	64992,8	69137,1	94,0	32724,8	35766,8	91,5
Республика Хакасия	6410,9	6903,2	92,9	-	-	-
Иркутская обл.	1308,7	1269,6	103,1	-	-	-
Забайкальский край	5326,3	6077,6	87,6	-	-	-
Республика Саха (Якутия)	8014,8	6946,7	115,4	8014,8	6946,7	115,4
Хабаровский край	3939,7	4924,2	80,0	-	-	-

Источник: отчетные данные предприятий по переработке угля.

ОТГРУЗКА УГЛЯ

Угледобывающие предприятия России в январе-июне 2022 г. отгрузили потребителям 186,1 млн т угля, что на 4,1 млн т, или на 2,1% ниже уровня первого полугодия 2021 г.

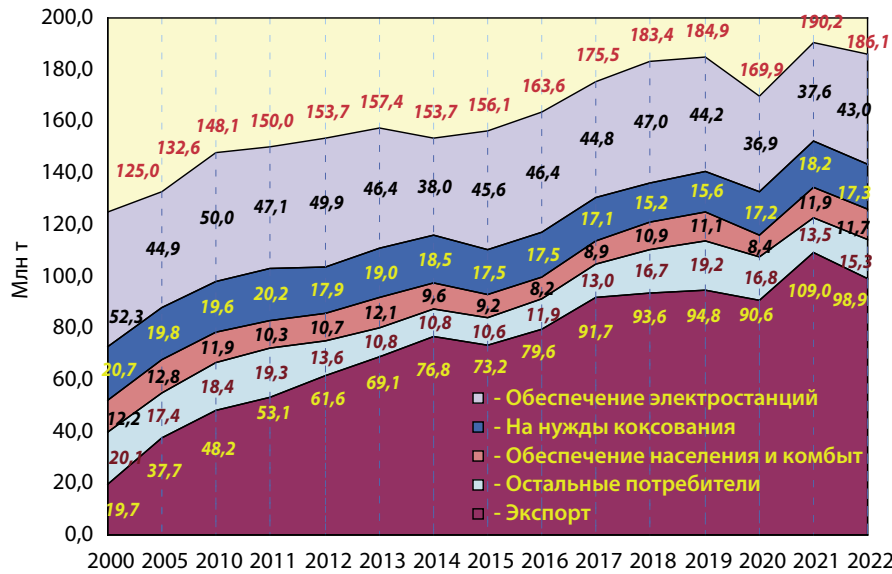
Из всего отгруженного объема, по отчетным данным угледобывающих компаний, на экспорт отправлено 109,0 млн т. Это на 10,1 млн т, или на 9,3% ниже уровня января-июня 2021 г.

На внутренний рынок, по отчетным данным угледобывающих компаний, отгружено 87,3 млн т. По сравнению с первым полугодием 2021 г. отгрузка на внутрироссийский рынок увеличилась на 6,1 млн т, или на 7,5%.

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

- обеспечение электростанций – 43 млн т (+ 5,4 млн т, или 114,3% к уровню 6 мес. 2021 г.);
- нужды коксования – 17,3 млн т (-0,9 млн т, или 95,3% к уровню 6 мес. 2021 г.);
- обеспечение населения, коммунально-бытовые нужды, агропромышленный комплекс – 11,7 млн т (-0,1 млн т, или 98,8% к уровню 6 мес. 2020 г.);
- остальные потребители (нужды металлургии – энергетика, ОАО «РЖД», Минобороны, Минюст, МВД, Минтранс, ФПС, Росатом, Росрезерв, цементные заводы и др.) – 15,3 млн т (+1,8 млн т, или 113,3% к уровню первого полугодия 2021 г.).

Отгрузка российских углей основным потребителям за январь-июнь 2000-2022 гг., по отчетным данным угледобывающих компаний



Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

ЗАВОЗ И ИМПОРТ УГЛЯ

Завоз и импорт угля в Россию в январе-июне 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. увеличились на 1,1 млн т (111,6%) и составили 10,8 млн т.

Завозится и импортируется в основном энергетический уголь (поставлено 10,5 млн т) и немного коксующегося угля (0,3 млн т). Практически весь уголь завозится из Казахстана (поставлено 10,7 млн т).

С учетом завоза и импорта энергетического угля на российские электростанции отгружено 53,5 млн т угля (+6,9 млн т, или 114,9% к уровню первого полугодия

2021 г.). С учетом завоза и импорта коксующегося угля на нужды коксования отгружено 17,6 млн т (-1,3 млн т, или 93,2% к уровню первого полугодия 2021 г.).

Всего на российский рынок в первом полугодии 2022 г. отгружено с учетом завоза и импорта 98,1 млн т, что на 6,4 млн т, или на 7,4% больше, чем годом ранее.

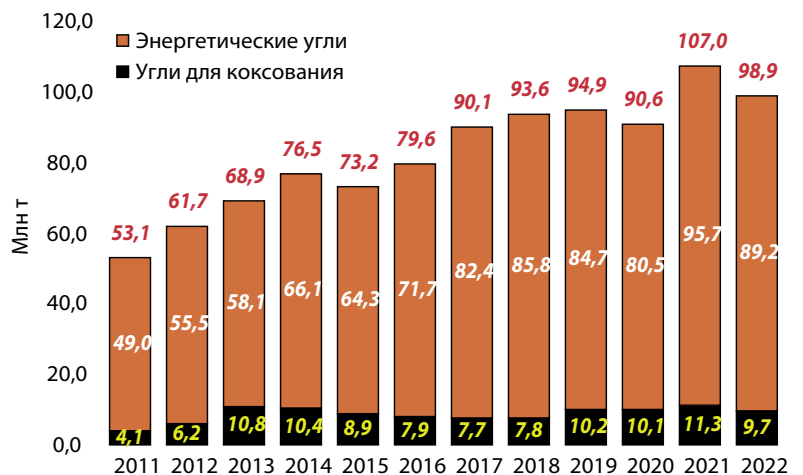
При этом доля завозимого (в том числе импортного) угля в отгрузках угля на российский рынок составляет 11,8%. Соотношение объема завоза к объему экспорта угля в первом полугодии 2022 г. составило 10,9.

ЭКСПОРТ УГЛЯ

Объем экспорта российского угля в январе-июне 2022 г., по отчетным данным угледобывающих компаний, составил 98,9 млн т, по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. он снизился на 10,1 млн т (90,7%).

Экспорт составляет 53,1% в общем объеме отгрузки российского угля. Основная доля экспорта приходится на энергетические угли – 89,2 млн т (90,2% общего экспорта углей), доля коксующихся углей (9,7 млн т) в общем объеме экспорта составила 9,8%. Основным поставщиком угля на экспорт является Сибирский ФО (отгружено 72,8 млн т, что составляет 73,6% общего экспорта), в том числе доля Кузбасса – 57,1% общего экспорта (поставлено 56,5 млн т).

Динамика экспорта российского угля по видам углей в январе-июне 2011-2022 гг.



Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

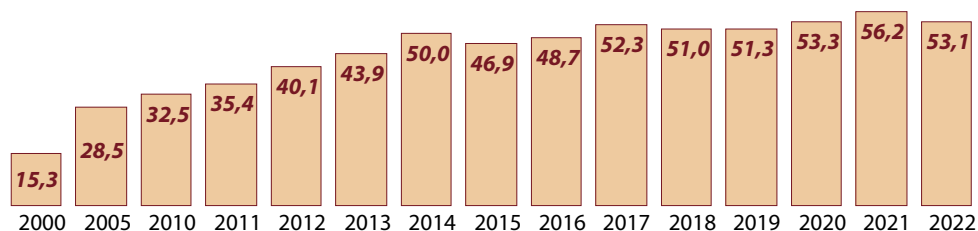
Из общего объема экспорта основной объем угля отгружался в страны дальнего зарубежья – 96,6 млн т (97,7% общего объема экспорта). В страны ближнего зарубежья поставлено 2,3 млн т (2,3% общего объема экспорта).

Основной причиной снижения объемов российского угольного экспорта явились антироссийские санкции, вследствие введения которых экспортеры отечественного угля были вынуждены в срочном порядке искать новых потребителей своей продукции, большинство из которых дислоцированы в регионах АТР и ЮВА. Однако, провозных и пропускных возможностей Восточного полигона ОАО «РЖД» недостаточно для перевозки резко возросших объемов угольного экспорта в восточном направлении. Поскольку данная проблема носит системный характер,

решение ее до конца текущего года не представляется возможным.

Мировые цены (по данным IHS Markit) на энергетический уголь с начала 2022 года показали прирост по отношению к уровню цен прошлых периодов. Так, в июне по сравнению с маем цены на энергетический уголь показали рост на большинстве основных мировых торговых площадках: Европы (CIF APA) – на 7,4%, Австралии (FOB Ньюкасл) – без изменений, Колумбии (FOB Пуэрто-Боливар) – на 10,3%, ЮАР (FOB Ричардс Бей) – на 1,3%. В то же время на рынке коксующихся углей обозначилась тенденция снижения цен в июне по сравнению с маем: Австралия (FOB Квинсленд) – на 19,9%, Европа (CIF ARA) – на 16,0%, Китай (FOB Южное побережье) – на 28,7%.

Доля экспорта в общем объеме отгрузки российского угля в 2000-2022 гг., %



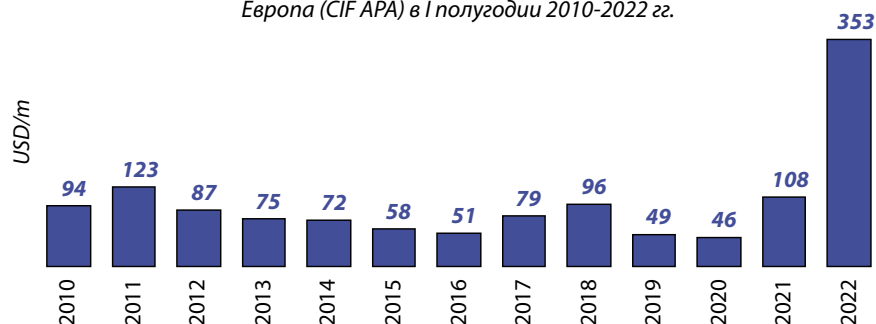
Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

Экспортные цены на уголь во II полугодии 2022 г., USD/т

Мировые торговые площадки	2022					
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Энергетический уголь						
Россия, FOB Балтийское побережье	161,50	186,25	313,00	202,00	142,50	126,3
Россия, FOB порт Восточный	229,25	243,71	270,17	185,87	176,64	188,4
Россия, FOB Черноморское побережье	162,50	187,25	311,25	196,40	143,75	132,5
Австралия, FOB Ньюкасл	230,98	254,20	328,26	311,61	396,67	396,3
ЮАР, FOB Ричардс Бей	172,33	205,56	334,82	294,33	323,10	327,2
Европа, CIF ARA	166,86	194,03	324,56	319,69	328,53	352,8
Колумбия, FOB Пуэрто-Боливар	156,25	188,25	315,75	314,50	315,00	347,5
США, FOB Восточное побережье	130,22	159,18	265,23	266,57	280,31	311,3
Индонезия, FOB	159,34	175,85	256,42	252,95	279,03	248,9
Коксующийся уголь						
Австралия, FOB Квинсленд	398,42	437,79	585,90	485,92	514,96	412,6
Европа, CIF ARA	588,13	601,13	704,79	70,33	704,58	591,9
Китай, FOB Южное побережье	516,88	530,63	677,50	69,40	612,50	436,6

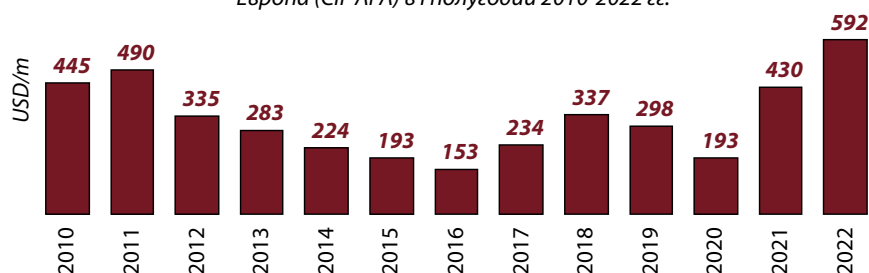
Источник: IHS Markit (Standard & Poors Global).

Динамика цен на энергетический уголь по направлению Европа (CIF APA) в I полугодии 2010-2022 гг.



Источник: IHS Markit (Standard & Poors Global).

Динамика цен на коксующийся уголь по направлению
Европа (CIF APA) в I полугодии 2010-2022 гг.

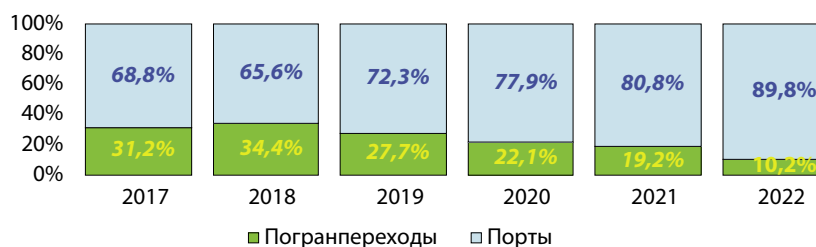


Источник: IHS Markit (Standard & Poors Global).

Экспорт российского угля в январе-июне 2022 г., по данным ОАО «РЖД», составил 100 млн т, что на 6,7 млн т меньше, чем годом ранее (93,7%). Из всего вывезенного

объема угля через морские порты отгружено 89,8 млн т (89,8% общего объема вывоза) и через пограничные переходы – 10,2 млн т (10,2%).

Структура поставок российского угля
через порты и пограничные переходы в январе-июне 2017-2022 гг.



Источник: ОАО «РЖД».

В России крупнейшими компаниями – экспортерами российского угля являются: АО «СУЭК», АО «УК «Кузбассразрезуголь», Группа «Сибантрацит», АО ХК «СДС-Уголь», ООО «УК «Эльга Уголь», ООО «Восточная горнорудная компания», АО «Стройсервис», ООО «Распадская угольная компания», ПАО «Кузбасская Топливная Компания» и др.

Основными поставщиками коксующихся углей на экспорт являются: ПАО «Мечел», АО «СУЭК-Кузбасс», ООО «Распадская угольная компания», АО «УК «Кузбассразрезуголь», АО «Стройсервис», РУХ «Сибуглемет», ООО «УК «Колмар», ООО «УК «Эльга Уголь» и др.

Экспорт российского угля в январе-июне 2022 г., тыс. т

Компании – основные экспортеры российского угля	6 мес. 2022	Уровень к 6 мес. 2021, %	Страны – основные импортеры российского угля	6 мес. 2022	Уровень к 6 мес. 2021, %
АО «СУЭК»	18572,4	85,2	Китай	16075,9	119,7
АО «УК «Кузбассразрезуголь»	15600,2	115,1	Япония	10112,7	71,2
Группа «Сибантрацит»:	10420,7	127,6	Турция	10074,9	134,2
–АО «Сибирский Антрацит»	4205,8	120,6	Кипр	6694,6	70,6
–ООО «Разрез Кийзасский»	2968,8	76,3	Швейцария	5556,8	150,7
–ООО «Разрез Восточный»	3246,1	185,8	Индия	5276,3	189,6
ООО «УК «Эльга Уголь»	8686,5	137,4	Республика Корея	4925,4	104,8
АО ХК «СДС-Уголь»	4679,3	65,3	Великобритания	3941,0	58,5
ООО «ВГК»	4367,4	94,4	Польша	1881,5	60,6
ООО «Распадская УК»	2875,1	76,5	Украина	1087,9	19,9
ООО «УК «Колмар»	2698,3	154,7	Финляндия	1047,3	64,8
ООО «Ресурс»	2662,9	105,3	Германия	1003,8	28,5
АО «Стройсервис»	2641,4	83,9	Испания	688,6	95,1
ПАО «Мечел»:	2636,3	88,3	Белоруссия	663,4	187,3
–АО ХК «Якутуголь»	1196,8	69,7	Тайвань (Китай)	628,3	46,2
–ПАО «Южный Кузбасс»	1439,5	100,1	Малайзия	474,9	77,3
Группа компаний ТАЛТЭК	2570,4	80,2	Гонконг	469,8	201,5
ПАО «Кузбасская ТК»	2213,0	62,1	Марокко	426,1	315,2
АО «Русский Уголь»	1780,2	80,8	Франция	384,2	106,8

Компании – основные экспортеры российского угля	6 мес. 2022	Уровень к 6 мес. 2021, %	Страны – основные импортеры российского угля	6 мес. 2022	Уровень к 6 мес. 2021, %
ООО «УК «Разрез Майрыхский»	1617,7	69,3	Бельгия	380,6	119,4
ООО «УК Талдинская»	1478,9	63,4	Италия	258,3	399,8
ООО «Разрез «Аршановский»	1433,6	69,4	Дания	234,1	97,3
РУХ «Сибуглемет»	1384,0	81,7	Болгария	201,1	401,4
ООО Каракан Инвест	1082,0	102,1	Казахстан	196,4	48,5
ООО «МелТЭК»	694,0	76,2	Словакия	167,8	26,8
АО «УК Сибирская»	676,7	91,0	Нидерланды	159,5	38,4
ООО «Горняк-1»	588,5	67,9	Таиланд	154,9	263,6
ООО ш/у «Садкинское»	423,6	59,4	Индонезия	154,2	118,0
АО ш/у «Обуховская»	411,4	38,0	ОАЭ	187,6	-
ООО «Разрез «Бунгурский-Северный»	400,6	54,4	Сингапур	141,8	-

Источник: отчетные данные предприятий по добыче и переработке угля.

Источник: UN Statistic Division.

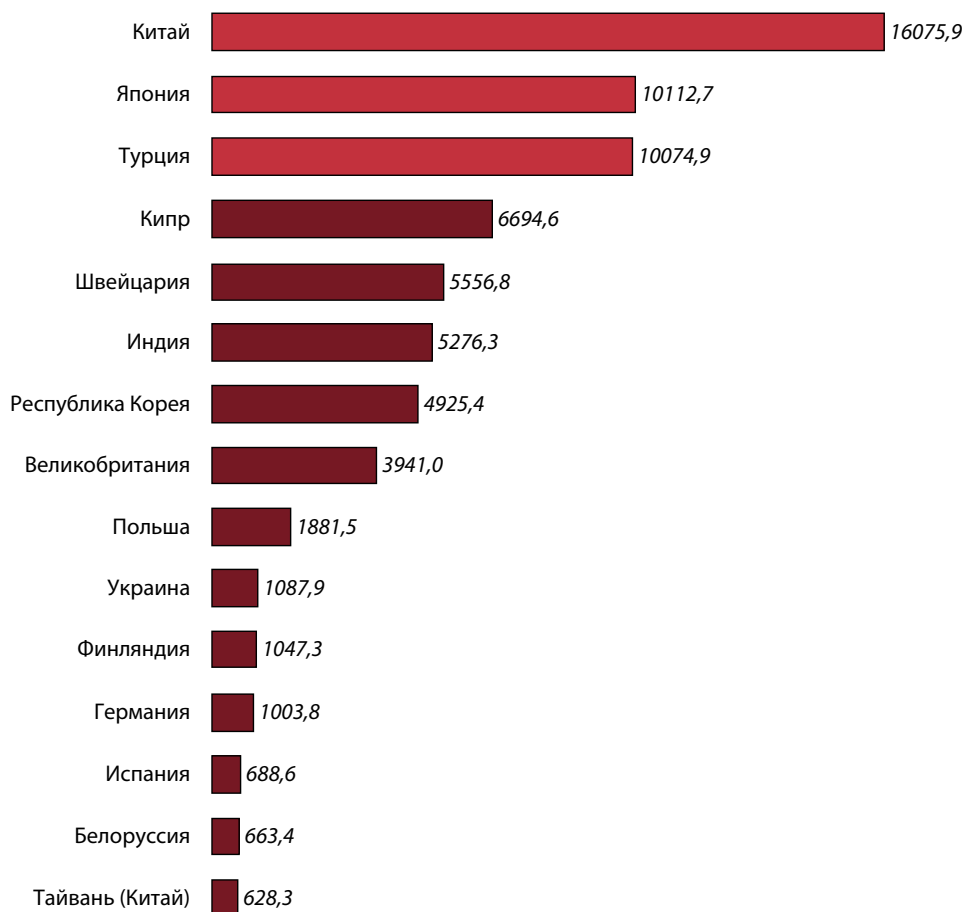
Рейтинг компаний – основных экспортеров российского угля за январь-июнь 2022 г.,
по отчетным данным угледобывающих компаний, тыс. т (всего экспортировано 98875,6 тыс. т)



После введения антироссийских санкций положение на экспортном рынке российского угля претерпело довольно существенные изменения. Некоторые наши постоянные контрагенты (в основном с европейского сегмента рынка) из-за санкций прекратили либо существенно сократили закупки российского угля. В то же время такие наши постоянные партнеры, как Китай, Турция, Индия, Республика Корея и др., только наращивают закупки российского угля, несмотря на санкции (и зарабатывая при этом неплохую прибыль, поскольку постоянные партнеры при достаточно больших объемах закупок всегда вправе рассчитывать на хороший дисконт – это общепринятая практика!). Таким образом, прогнозы Запада на полный провал российской экономики в угольном секторе не оправдались – экспорт российского угля за первое полугодие текущего года сократился всего на 10 млн т (это менее 10% объема экспорта), из которых 6 млн т тут же были реализованы на внутреннем рынке (что, кстати, подтвердило мнение специалистов, что резервы потребления у российского внутреннего рынка все-таки есть!), а снижение общей отгрузки угля составило за полугодие всего 4 млн т, т.е. 2,1% от общего объема угольных поставок, что практически не повлияло на финансово-экономические показатели деятельности угольных компаний.

Источник: отчетные данные предприятий по добыче и переработке угля.

Рейтинг стран – основных импортеров российского угля в январе-июне 2022 г., тыс. т



Источник: UN Statistic Division.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ЧИСЛЕННОСТЬ И ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА

Отгрузка товаров собственного производства по основному виду деятельности угледобывающими и углеперерабатывающими предприятиями отрасли в фактических ценах (без НДС) за январь-июнь 2022 г. составила 1383,1 млрд руб. (+770,3 млрд руб. к уровню января-июня 2021 г., или 225,7%).

Полная себестоимость добычи 1 т угля в январе-мае 2022 г. составила 3972,18 руб. (+1534,38 руб. к уровню января-мая 2021 г., или 162,9%) в том числе по элементам затрат:

- материальные затраты – 1519,26 руб. (+516,64 руб. к уровню января-мая 2021 г., или 151,5%);
- расходы на оплату труда – 322,96 руб. (+86,25 руб. к уровню января-мая 2021 г., или 136,4%);
- отчисления на социальные нужды – 123,63 руб. (+86,25 руб. к уровню января-мая 2021 г., или 136,6%);
- амортизация основных фондов – 282,70 руб. (+73,53 руб. к уровню января-мая 2021 г., или 135,2%);
- прочие расходы – 404,41 руб. (+224,74 руб. к уровню января-мая 2021 г., или 225,1%);
- внепроизводственные расходы – 1319,22 руб. (+600,11 руб. к уровню января-мая 2021 г., или 183,5%).

Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля в январе-июне 2022 г. составила 360,3 т (-1,4 т к уровню января-июня 2021 г., или 99,6%), в том числе:

- на шахтах – 218,8 т (-27,8 т к уровню января-июня 2021 г., или 88,7%);
- на разрезах – 478,0 т (+22,3 т к уровню января-июня 2021 г., или 104,9%).

Средние цены 1 т отгруженной угольной продукции с начала года составили в январе-июне 2022 г.:

- всего по договорам – 1914,45 руб. -1157,76 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 62,3%);
- на нужды электроэнергетики – 1857,89 руб. (+433,44 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 130,4%);
- на нужды коксования – 16629,85 руб. (+10336,79 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 264,3%);
- на нужды ЖКХ, АПК и населения – 2730,60 руб. (+25,42 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 100,9%).

Средняя численность работников по основному виду деятельности в январе-июне 2022 г. составила 141869 человек (+2023 человека к уровню января-июня 2021 г., или 103,1%).

Среднесписочная численность рабочих по добыче угля в январе-июне 2022 г. составила 82839 человек (+16 человек к уровню января-июня 2021 г., или 100,0%), в том числе:

- на шахтах – 37596 человек (+356 человек к уровню января-июня 2021 г., или 101,0%);
- на разрезах – 45242 человека (-340 человек к уровню января-июня 2021 г., или 99,3%).

Среднемесячная заработная плата одного работника угольной отрасли составила в январе-июне 2022 г. 85176,7 руб. (+18890,4 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 128,5%), в том числе:

– среднемесячная заработная плата одного рабочего по добыче угля – 74015,5 руб. (+16261,2 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 128,2%);

- среднемесячная заработная плата одного работника инженерно-технического персонала – 102639,8 руб. (+19817,2 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 123,9%);
- среднемесячная заработная плата одного работника административно-управленческого аппарата – 171652,8 руб. (+45423,9 руб. к уровню января-июня 2021 г., или 136,0%).

Задолженность по выплате заработной платы на угледобывающих и углеперерабатывающих предприятиях отрасли по состоянию на 01.07.2022 отсутствует.

ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Совокупная прибыль угледобывающих предприятий (до налогообложения) составила по состоянию на 01.06.2022 563,5 млрд руб. (+445,4 млрд руб. к уровню прошлого года, или увеличение в 5 раз).

Дебиторская задолженность угледобывающих предприятий составила по состоянию на 01.06.2022 813,5 млрд руб. (+427,6 млрд руб. к уровню прошлого года, или 210,8%), в том числе просроченная – 108,5 млрд руб. (+76,6 млрд руб. к уровню прошлого года, или 340,1%).

Кредиторская задолженность угледобывающих предприятий составила по состоянию на 01.06.2022 458,1 млрд руб. (+112,3 млрд руб. к уровню прошлого года, или 132,6%), в том числе просроченная – 47,7 млрд руб. (+9,1 млрд руб. к уровню прошлого года, или 123,6%).

В течение последнего десятилетия рост цен на отгруженную угольную продукцию на внутреннем рынке составил за январь-июнь:

- всего по договорам – в 1,2 раза;
- на нужды электроэнергетики – в 1,6 раза;
- на нужды коксования – в 6,0 раз;
- на нужды жилищно-коммунального хозяйства, агропромышленного комплекса и населения – в 2,4 раза.

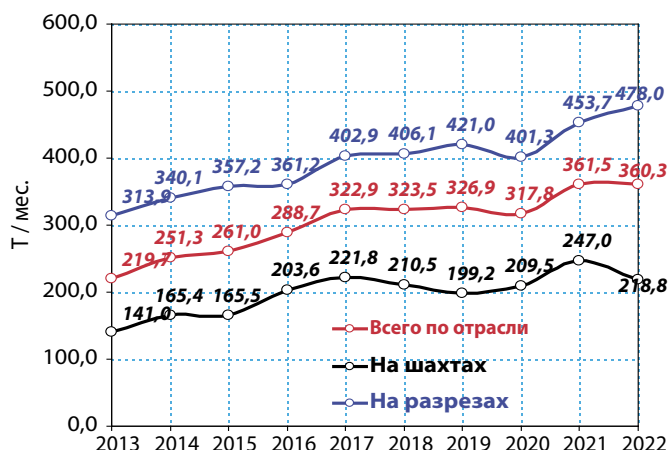
В течение последнего десятилетия рост среднемесячной производительности труда рабочего по добыче угля составил за январь-июнь:

- в среднем по отрасли – в 1,64 раза;
- на шахтах – в 1,55 раза;
- на разрезах – в 1,52 раза.

В течение последнего десятилетия рост среднемесячной заработной платы в угольной отрасли по различным категориям работников составил за январь-июнь:

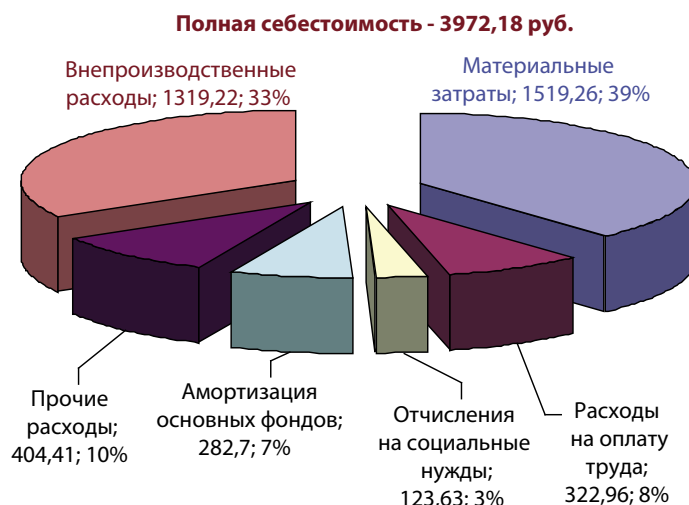
- в среднем по отрасли – в 2,3 раза;
- рабочего по добыче угля – в 2,4 раза;
- работника инженерно-технического персонала – в 2,1 раза;
- работника административно-управленческого персонала – в 2,6 раза.

Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля в январе-июне 2013-2022 гг.



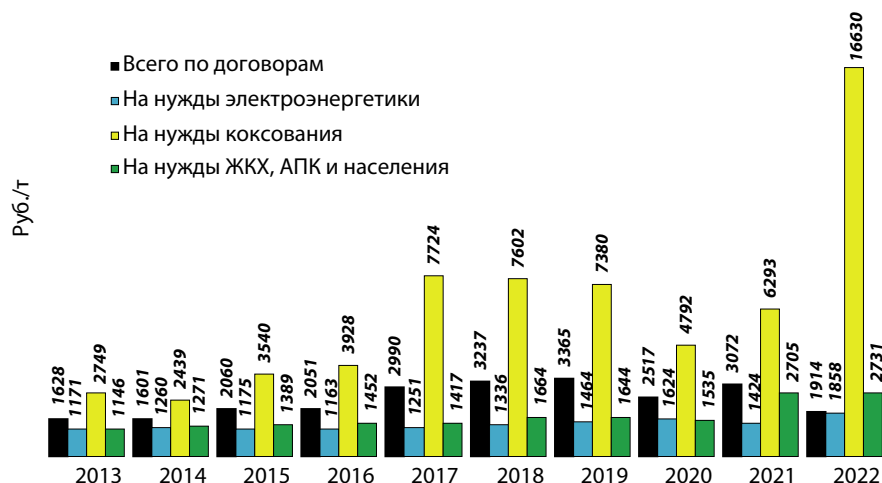
Источник: отчетные данные предприятий по добыче угля.

Структура полной себестоимости добычи 1 т угля в январе-мае 2022 г.



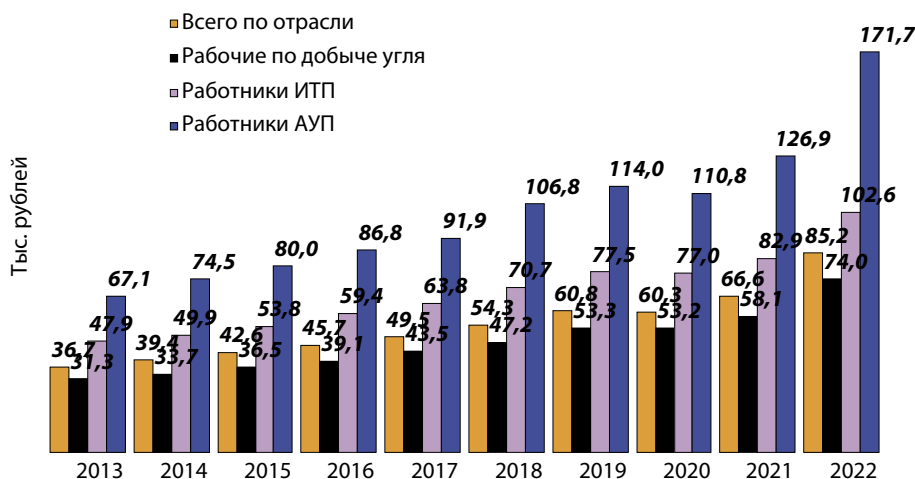
Источник: отчетные данные угледобывающих предприятий.

Средние цены на угольную продукцию в январе-июне 2013-2022 гг.



Источник: отчетные данные предприятий по добыче и переработке угля.

Среднемесячная заработная плата в угольной отрасли в январе-июне 2013-2022 г.



Источник: отчетные данные предприятий по добыче и переработке угля.

Сводка основных показателей работы угольной отрасли России за январь-июнь 2022 г.

Показатели	I полугодие 2022 г.	I полугодие 2021 г.	%
Добыча угля, по данным Росстата, всего, тыс. т	208167,0	209812,0	99,2 ↓
Добыча угля, по данным ЦДУ ТЭК, всего, тыс. т:	212696,7	213208,1	99,8 ↓
– в т.ч. подземным способом, тыс. т	52306,2	57718,2	90,6 ↓
– в т.ч. открытым способом, тыс. т	160390,5	155489,9	103,2 ↑
Добыча угля для коксования, тыс. т	53644,2	47426,7	113,1 ↑
Переработка угля, всего, тыс. т:	101221,9	106731,4	94,8 ↓
– в т.ч. на обогатительных фабриках, тыс. т	100115,9	105525,4	94,9 ↓
– в т.ч. на установках механизированной породовыборки, тыс. т	1106,0	1206,0	91,7 ↑
Отгрузка российских углей, всего, тыс. т	186123,9	190192,0	97,9 ↑
– из них потребителям России (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	87269,36	81215,5	107,5 ↑
– экспорт угля (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	98854,6	108976,5	90,7 ↓
Экспорт угля (по данным ОАО «РЖД»), млн т	100003,8	106700,2	93,7 ↓
– в том числе через морские порты, млн т	89757,1	86213,8	104,1 ↑
– в том числе через сухопутные погранпереходы, млн т	10246,7	20486,4	50,0 ↓
Завоз и импорт угля, тыс. т	10819,0	9693,1	111,6 ↑
Отгрузка угля потребителям России с учетом завоза и импорта (по данным ЦДУ ТЭК), тыс. т	98088,4	90908,6	107,9 ↑
Полная себестоимость добычи 1 т угля, руб.	3972,18	2437,80	163,0 ↑


Показатели	I полугодие 2022 г.	I полугодие 2021 г.	%	
Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля, т/мес.	360,3	350,6	102,8	↑
– в том числе на шахтах, т/мес.	218,8	246,6	88,7	↑
– в том числе на разрезах, т/мес.	478,0	455,7	104,9	↑
Средняя цена 1 т угля, всего по договорам, руб./т	1914,45	3072,21	62,3	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды электроэнергетики, руб./т	1857,89	1424,45	130,4	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды коксования, руб./т	16629,85	6293,06	264,3	↑
– средняя цена 1 т угля на нужды ЖКХ, АПК и населения, руб./т	2730,60	2705,18	100,9	↑
Средняя численность работников по основному виду деятельности, чел.	141869	137586	103,1	↑
Среднесписочная численность рабочих по добыче угля, чел.	82839	82823	100,0	↓
– в том числе на шахтах, чел.	37596	37240	101,0	↓
– в том числе на разрезах, чел.	45242	45583	99,3	↓
Среднемесячная заработная плата одного работника, руб.	85176,7	66286,2	128,5	↑
– среднемесячная зарплата рабочего по добыче угля, руб.	74015,5	57754,4	128,2	↑
– среднемесячная зарплата ИТР, руб.	102639,8	82822,6	123,9	↑
– среднемесячная зарплата работника аппарата управления, руб.	171652,8	126228,8	136,0	↑
Задолженность по заработной плате, тыс. руб.	0,0	21440,0	-	↑
Среднесуточная добыча угля из одного действующего очистного забоя, т	4863,0	5322,0	91,4	↓
Среднесуточная добыча угля из одного комплексно-механизированного забоя, т	4756,0	5352,0	88,9	↓
Проведение подготовительных выработок, тыс. м	191,7	214,0	89,6	↓
– в том числе вскрывающих и подготавливающих	149,1	169,4	88,0	↓
Проведение горных выработок комбайнами, тыс. м	184,6	200,9	91,9	↓
Вскрышные работы, тыс. куб. м	1161924,0	1000142,0	108,3	↑

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ ОТЧЕТНОГО ПЕРИОДА В УСЛОВИЯХ АНТИРОССИЙСКИХ САНКЦИЙ

- По итогам первого полугодия текущего года в условиях антироссийских санкций наблюдается некоторое снижение объемов добычи угля (на 0,2% меньше, чем за аналогичный период 2021 г.).
- По этой же причине наблюдается и снижение объемов поставок российского угля в отчетном периоде (на 2,1% по сравнению с уровнем аналогичного периода прошлого года). Экспорт угля из России за этот же период снизился на 9,3%, в том числе в страны дальнего зарубежья – на 5,4%, в страны ближнего зарубежья – на 67,4%. В то же время возросли поставки угля на внутренний рынок – на 7,5%, и этот тренд является наиболее обнадеживающим, поскольку на внутрироссийском рынке закончился период стагнации (2011-2018 гг.), и внутренний рынок продолжает удерживать отвоеванные позиции.
- Страны ЕС утвердили эмбарго на импорт российского угля в рамках пятого пакета санкций против Российской Федерации. Эмбарго предусматривает запрет на покупку, импорт или транзитные перевозки российского угля, действие эмбарго вступило в силу с 10.08.2022. До этого сторонам было разрешено выполнять контракты, заключенные до 09.04.2022. Но, например, финансовые аналитики ФГ «Финам» полагают, что введение указанного эмбарго не окажет критического влияния на общий объем экспорта угля из РФ.
- Ранее у экспортно ориентированных компаний России были доступны для сбыта рынки ЕС и других стран, порты России и судозаходы в них. Последствия санкций привели к переориентации экспортных поставок российского угля на азиатское направление и, соответственно, концентрации заявок на вывоз грузов через Восточный полигон и порты Дальнего Востока. Однако перенаправление потоков российского угля из Европы в Азию сдерживается логистическими проблемами.
- Указанное изменение основного вектора направленности экспортных поставок российского угля привело к резкому изменению структуры этих поставок – по данным ОАО «РЖД», объем угля, вывезенного через морские порты, увеличился на 9,0% и составил 89,8% от общего объема экспорта. А вот через пограничные переходы было вывезено всего 10,2% общего объема экспорта, т.е. вдвое меньше, чем за аналогичный период прошлого года.
- По данным Управления статистики ООН (UN Statistic Division), экспорт российского угля в настоящее время осуществляется в 72 страны мира. При этом основная часть российского угольного экспорта (96,4%) приходится на страны Дальнего зарубежья.
- Количество стран – импортеров российского угля в январе-июне 2022 г. несколько сократилось.
- Пока Запад отказывается от российских энергоресурсов себе в убыток, Индия, наоборот, налаживает новые торговые связи с Россией. Эксперты уверены, что Индия сможет импортировать значительную часть выпадающих европейских объемов угля из России.

- Из-за ограничения поставок после начала спецоперации на Украине странам ЕС приходится в ущерб своей «зеленой энергетике» снова использовать уголь как «самое грязное ископаемое топливо». Страны ЕС уже сталкиваются с нехваткой угля после отказа от поставок из России. Ставка на то, что европейским странам удастся найти альтернативные источники импорта этого ресурса, оказалась несостоятельной. Теперь вслед за ростом цен на газ европейским странам, вероятно, придется столкнуться и с угольным кризисом.
- Санкции против России и энергетический кризис если не похоронили надежды европейских защитников окружающей среды избавиться от угля окончательно, то, как минимум, отодвинули их на пару десятилетий. Все попытки сторонников перехода к возобновляемым источникам энергии (радикальное крыло которых не без оснований называют «зелеными фанатиками») ускорить этот переход оказались несбыточными мечтами.
- В динамике экспортных цен на энергетический уголь на основных мировых торговых площадках по состоянию на 01.07.2022 обозначилась устойчивая тенденция к росту по сравнению с уровнем декабря 2021 г. Напротив, котировки металлургического угля на основных мировых торговых площадках в июле продолжили быстрое снижение по сравнению с уровнем начала года в связи с падением объемов сталелитейного производства.
- Рост мировых цен на ископаемое топливо увеличивает расходы европейских домохозяйств в 2022 г. в среднем на 7%. В мае на инфляцию энергоносителей приходилось до половины годового индекса потребительских цен.
- Во внешнеэкономических отношениях наметились новые формы торговли углем, вызванные антироссийскими санкциями. В частности, компания UltraTech Cement (крупнейший индийский производитель цемента) начала оплачивать поставки угля из России в юанях – у российского ОАО «СУЭК» закуплено 157 тыс. т угля более чем за 172 млн юаней.
- Китай по состоянию на 01.07.2022 полностью выбрал запасы угля, отгруженные ему с октября из Австралии, но вряд ли будет импортировать уголь из этой страны в дальнейшем, поскольку его резервы теперь обеспечены российским экспортом и внутренним производством. В то же время китайские специалисты, изучающие перспективы энергетике, предлагают отменить почти двухлетний запрет на австралийский уголь, поскольку напряженность между странами начинает ослабевать, а поставки могут ужесточиться, когда вступят в силу санкции Запада в отношении российской энергетике. Однако и здесь Россия имеет свои контраргументы: по мнению аналитиков ФГ «Финам», благодаря продаже угля со скидкой мы сможем потеснить крупнейших экспортеров этого сырья – Индонезию и Австралию на азиатском рынке, в т.ч. на рынках Китая и Индии.
- В связи с острой нехваткой мощностей Байкало-Амурской магистрали по перевозке угля компания «А-Проперти» рассматривает возможность строительства автономной железнодорожной ветки от Эльгинского угольного месторождения до побережья Охотского моря и морского порта в Удской Губе в Хабаровском крае. Оба объекта планируется ввести в эксплуатацию в первом квартале 2025 г. Совокупные капитальные затраты оцениваются в 136,5 млрд рублей.
- Значительная часть горношахтного оборудования для угледобывающей отрасли уже выпускается в России и пользуется спросом, удовлетворяя потребности угольных компаний. С 2015 г. объемы выпуска отечественной техники в этом сегменте увеличились в полтора раза. В частности, машиностроительные предприятия Кузбасса ускоряют выпуск импортозамещающей продукции для разрезов и шахт – в условиях антироссийских санкций сейчас важно в максимально сжатые сроки начинать обеспечивать шахты и разрезы отечественным оборудованием и комплектующими. Например, Копейский машиностроительный завод в Челябинской области разработал буровые станки для угледобычи, способные заменить на российских разрезах продукцию мирового лидера – шведской компании Sandvik, которая весной 2022 г. приостановила поставки своей техники в Россию. Таким образом, программа импортозамещения импортного горношахтного оборудования в стране постоянно и существенно расширяется.
- Что касается финансово-хозяйственной деятельности российских угольных компаний, то с учетом небывало высоких цен мирового рынка как на энергетический, так и на коксующийся уголь даже при некотором сокращении физических объемов экспорта российского угля выручка от его реализации все равно выросла относительно уровня I полугодия 2021 г., причем довольно существенно. В частности, суммарная прибыль российских угольных предприятий от своей производственно-хозяйственной деятельности за отчетный период увеличилась почти в 5 раз по сравнению с уровнем прошлого года!
- По другим экономическим показателям в отчетный период также наблюдалась положительная динамика по сравнению с аналогичным периодом 2021 г.: средняя численность работников по основному виду деятельности составила 103,1%; среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля – 102,8%; среднемесячная заработная плата одного работника угольной отрасли – 128,5%. Снижение средней цены 1 т угля (всего по договорам) – 62,3%, а также отсутствие сокращения среднесписочной численности рабочих по добыче угля (100,0%) также являются положительными факторами экономики отрасли.

РЕКЛАМА



НПП ЗАВОД МДУ
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
**«ЗАВОД МОДУЛЬНЫХ
ДЕГАЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК»**

**ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ
МЕТАНА**

МЕТАН ПОД КОНТРОЛЕМ!

РОССИЯ
Г. НОВОКУЗНЕЦК
ШОССЕ СЕВЕРНОЕ, 8

WWW.ZAVODMDU.RU
INFO@ZAVODMDU.RU
ТЕЛ.: +7 (3843) 991-991

Уважаемые читатели

В журнале «Уголь» в № 8 – 2022 г. на странице 12 была опубликована информация «Медаль «За добросовестный труд. 75 лет Дню шахтера» и указаны не точные данные.

Уточняем, что данная медаль была произведена активистом, неработающим пенсионером предприятия АО ХК «Якутуголь» с целью поощрения коллег по работе. Медаль была изготовлена ограниченным тиражом – 15-20 экз.

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 январь-декабрь 2020 года // 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 январь-декабрь 2021 года // Уголь. 2022. № 3. С. 9-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-3-09-23>.

ANALYTICAL REVIEW

Original Paper

UDC 622.33(470):658.155 © I.E. Petrenko, 2022
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) •
Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 7-22. (In Russ.).
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-7-22>

Title

RUSSIA'S COAL INDUSTRY PERFORMANCE FOR JANUARY – JUNE, 2022

Author

Petrenko I.E.

Authors Information

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

Abstract

The article provides an analytical review of Russia's coal industry performance for January – June, 2022 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, 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.

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

Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January – June, 2022. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 7-22. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-7-22>.

Paper info

Received August 12, 2022

Reviewed August 15, 2022

Accepted August 25, 2022

Горняки СУЭК выявили лучших по профессии в Красноярском крае

На предприятиях СУЭК в Красноярском крае подвели итоги регионального конкурса профессионального мастерства. Конкурс был посвящен Дню шахтёра, который в этом году празднуется уже в 75-й раз, и 300-летию с начала промышленной угледобычи в России.

За звание лучших соревновались машинисты экскаваторов, бульдозеров различных марок, водители большегрузных автосамосвалов, электромонтеры (монтеры) дежурные и по ремонту оборудования, обслуживанию воздушных линий электропередачи, ставшие лидерами конкурсов профмастерства на своих предприятиях.

Региональные площадки развернулись на всех угольных разрезах – Бородинском, Назаровском и Березовском. *«Такие соревнования обязательно нужны, чтобы повысить мастерство, перенять опыт у коллег, свои умения показывать»*, – выразил общее мнение участников профсоревнований **бульдозерист Назаровского разреза Александр Савустьяненко**.

Конкурсные испытания включали, как и на внутренних соревнованиях, несколько этапов: теоретический, где участники сдавали тест на знание правил охраны труда и промышленной безопасности, и практический, где они демонстрировали навыки выполнения повседневных обязанностей и выполняли «творческие» задания – машинисты роторных экскаваторов опускали стрелой ротора груз в ведро, машинисты ковшовых машин снимали ковшем бруски, уложенные один на другой, забивали мяч в ворота, проводили ковшем по «коридору» из деревянных прутьев, машинисты бульдозеров и водители самосвалов проезжали «змейкой», парковались задним ходом в импровизированный гараж и маневрировали в условиях ограниченного пространства.

«Чтобы научиться управлять техникой так виртуозно, нужны опыт и годы практики. Задания были не слишком сложные, но я допустил ошибку при заезде в «гараж». Соперники достойные, видно, что все – мастера своего дела», – поделился впечатлениями после выполнения конкурсных заданий **машинист бульдозера Березовского разреза Дмитрий Анисимов**. Он стал победителем в своей профессии.

«Задания интересные и непростые, – считает машинист экскаватора Бородинского разреза Александр Леонович. Он стал серебряным призером конкурса машинистов роторных экскаваторов ЭР-1250. *– Здесь, несомненно, помогают опыт и то, насколько ты чувствуешь машину. Есть, конечно, к чему стремиться, куда расти. Думаю, в следующий раз улучшим результат. Этим конкурсы и хороши – видишь работу более опытных коллег, учишься мастерству»*.

Всего в региональном конкурсе приняли участие более 30 сотрудников предприятий СУЭК. Больше всего наград завоевали бородинцы – у них пять «золотых»



результатов, шесть «серебряных» и два «бронзовых». Три первых места и четыре третьих заняли представители Березовского разреза. Два «золота», «серебро» и «бронза» – у горняков Назаровского разреза. Чествовали победителей и призеров регионального конкурса профессионального мастерства во время празднования Дня шахтёра.



Горняки шахты «Алардинская» приступили к отработке новой лавы с запасами угля более 3 млн т

Новая лава № 3-41 в шахте «Алардинская» Распадской угольной компании (РУК) расположена по пласту 3-3а. Это первая из трех запланированных к отработке лав на этом участке.

Протяженность новой лавы – 270 м. Запасы выемочного участка больше, чем в предыдущей лаве, и составляют 3 млн 350 тыс. т угля марки КС. Вынимаемая мощность пласта – 4,5 м.

Для транспортировки угля смонтирован новый ленточный конвейер. Сотрудники добираются до рабочих мест по канатно-кресельной дороге и пассажирскими дизель-гидравлическими локомотивами.

РАСПАДСКАЯ
УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ



Уголь в новой лаве добывает шахтерская бригада Алексея Комракова участка №1

Сегодня уголь в новой лаве добывает шахтерская бригада Алексея Комракова участка № 1.

В целях обеспечения безопасности ведения горных работ на лаве № 3-41 работают две установки направленного бурения, а также дополнительно станки Управления по монтажу, демонтажу и ремонту горношахтного оборудования (УМГШО). С их помощью проводят пластовую дегазацию.

Для предварительной дегазации выработок на поверхности работают четыре дегазационные установки, последняя из которых введена в эксплуатацию в декабре 2021 г.



Лучшие машинисты экскаваторов и буровых станков соревновались в «Южном Кузбассе»

В угольной компании «Южный Кузбасс» (входит в Группу «Мечел») прошли конкурсы профессионального мастерства среди работников подразделений по открытой добыче угля.

Машинисты гидравлических, электрических экскаваторов, драглайнов (шагающих экскаваторов) и буровых установок соревновались по девяти позициям. Судьи оценивали теоретические знания и практические навыки участников. Билеты по теории содержали вопросы по профессии, охране труда, знанию техники безопасности и оказанию первой медицинской помощи.

Для выполнения практического задания на гусеничных и электрических экскаваторах конкурсанты на скорость грузили углем и горной породой карьерные БелАЗы. При оценке судьи учитывали качество наполнения ковша, четкость загрузки, профессиональное мастерство участников.

Судейская коллегия конкурса среди машинистов драглайнов оценивала пять этапов задания. Машинисты наполняли ковш горной породой, поворачивали экскаватор к месту разгрузки, опустошали ковш и возвращали машину в исходную позицию. Конкурсанты доказывали свое мастерство скоростью выполнения задания, точностью попадания ков-



Лучшие по профессии

ша в заданную точку, его оптимальным наполнением и разгрузкой с наименьшими потерями.

Машинисты и помощники машинистов буровых установок продемонстрировали практические навыки по ряду моментов: перемещали установку на заданную метку, регулировали ее положение, бурили скважину на заданную глубину, затем поднимали буровой став и снимали установку с домкратов. Конкурсанты старались пройти этапы максимально быстро, с наименьшей запыленностью и вибрацией. Дополнительные баллы

участники получали за точное попадание дробильным инструментом на метку при перемещении установки.

«Конкурсы профессионального мастерства повышают престиж профессии, выявляют тех, кого отличает высокий уровень знаний и навыков. Участие в таких соревнованиях стимулирует работников к саморазвитию, является желанием поднять свой культурно-технический уровень. Кроме того, лучшие по профессии получают денежные премии», – отметил **управляющий директор ПАО «Южный Кузбасс» Андрей Подсмаженко**.

Ольга Евстигнеева
ПАО «Южный Кузбасс»



В УК «Кузбассразрезуголь» приступили к испытаниям отечественного бурового станка нового поколения

На Кедровском угольном разрезе АО «УК «Кузбассразрезуголь» (предприятие сырьевого комплекса УГМК) введен в опытно-промышленную эксплуатацию дизель-гидравлический станок MP-200 производства ИЗ-КАРТЭКС (входит в Группу «УЗТМ-КАРТЭКС»).

Станок предназначен для бурения вертикальных и наклонных взрывных скважин при открытой разработке угольных месторождений. Это первый отечественный образец дизель-гидравлических шарошечных станков среднего класса.

«Испытания продлятся три месяца, все это время здесь будет находиться конструктор установки, – прокомментировал **генеральный директор ООО «Кузбассразрезуголь-Взрывпром» Евгений Борисенко**. – Техническую поддержку во время испытаний будут осуществлять ООО «Новые технологии Западной Сибири». Мы надеемся на положительные результаты и производительность не ниже, чем у аналогичных машин такого класса».

Проект станка разработан ИЗ-КАРТЭКС в партнерстве с ООО «Новые технологии Западной Сибири», на его создание ушло несколько лет. Плановая производительность машины – 25 км пробуренных скважин в месяц.

«Площадка для испытания выбрана не случайно: угольная компания многие годы сотрудничает с отечественными производителями карьерной техники, – подчеркнул **заместитель директора по производству УК «Кузбассразрезуголь» Роман Смирнов**. – Например, все экскаваторы УЗТМ-ИЗ КАРТЭКС нового поколения проходили испытания на предприятиях Кузбассразрезугля. Работа в тандеме от технического задания до запуска в промышленную эксплуатацию позволяет производи-



телю оперативно устранять недочеты новых моделей, а нам – получать высокопроизводительное оборудование, полностью соответствующее нашим запросам».

В MP-200 воплощены современные конструктивные и технологические решения. Так, основные и вспомогательные механизмы станка полностью гидрофицированы, что позволяет значительно снизить их массу по сравнению с аналогичными узлами, имеющими электропривод.

«Глубина бурения MP-200 может достигать 56 м, – отмечает **главный конструктор проекта дирекции по конструированию ИЗ-КАРТЭКС Станислав Тихомиров**. – Возможно бурение не только вертикальное, но и наклонное до 30 градусов. Особое внимание при проектировании мы уделили рабочему месту оператора».

Станок оборудован эргономичной кабиной с системами вентиляции, отопления (в том числе автономного) и фильтрации поступающего воздуха. Для оператора предусмотрена виброзащита, а точно рассчитанное расположение элементов управления позволяет специалисту быстро адаптироваться к рабочему месту. В перспективе система управления станка позволит вести мониторинг процесса бурения и дистанционное управление с обратной связью.

В Красноярске прошла краевая спартакиада угольщиков СУЭК

В Красноярске прошла первая после двухлетнего перерыва, связанного с пандемией COVID-19, краевая спартакиада угольщиков СУЭК. Соревнования сотрудники крупнейшей в России угольной энергетической компании посвятили Дню шахтёра.

Это уже 21-я спартакиада угольщиков Красноярского края – традиция отраслевых спортивных соревнований стала одной из первых социальных инициатив, которую возродила СУЭК в регионе. «Угольщики – очень спортивные, за время пандемии они соскучились по масштабным состязаниям и на спортплощадки нынче выходят с особым



настроением», – уточнил на церемонии открытия **генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров.**

Вместе с председателем Красноярской территориальной организации Росгупрофа Олегом Килиным (профсоюзы выступили соорганизаторами спарта-

киады) он пожелал спортсменам ярких соревновательных, игровых моментов и красивых побед.

За победу боролись шесть команд – от каждого из предприятий СУЭК в регионе, это Бородинский, Назаровский и Березовские разрезы, сервисные подразделения – Погрузочно-транспортное управление и Ремонтно-механический завод из Бородино, а также сборная аппарата управления из Красноярска. На объектах Сибирского федерального университета были разыграны медали в восьми дисциплинах – мини-футболе, волейболе среди мужских и женских команд, дартсе, настольном теннисе, гиревом спорте, легкоатлетической эстафете и кроссе.

Команда Бородинского разреза стала победителем XXI спартакиады угольщиков СУЭК Красноярского края. Второе место заняла команда Бородинского погрузочно-транспортного управления (БПТУ). «Бронза» – у команды Назаровского разреза.

Укреплению здоровья трудовых коллективов в СУЭК уделяется особое внимание. На красноярских предприятиях в занятия физкультурой и спортом вовлечено свыше 40% сотрудников. В течение всего года горняки участвуют в рабочих спартакиадах – они проводятся на каждом из предприятий между цехами, производственными участками; успешно выступают на городских и краевых соревнованиях, таких как спартакиада КФК; сдают нормы ГТО. Кроме того, угольщики участвуют в развитии спортивной инфраструктуры в городах присутствия, поддерживают детские спортивные секции.



Лауреатами премии имени А.А. Скочинского в области рудничной аэрологии и безопасности горных работ

(решение Президиума Академии горных наук от 05 июля 2022) стали:

За научную работу **«Разработка информационно-аналитической системы автоматизированного контроля и предупреждения эндогенной пожароопасности в угольной шахте»:**

– Ходжаев Р.Р., доктор техн. наук, профессор НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова», иностранный член АГН;

– Кенжин Б.М., доктор техн. наук, профессор, независимый директор НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова», иностранный член АГН;

– Смирнов Ю.М., доктор техн. наук, профессор НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова», иностранный член АГН;

– Гречишкин П.В., канд. техн. наук, директор Кемеровского филиала АО «ВНИМИ»;

– Асаинов С.Т., канд. техн. наук, старший преподаватель НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова».

За научную работу **«Разработка и внедрение технологии и средств крепления горных выработок на базе учета напряженно-деформированного состояния массива для угольных шахт»:**

– Демин В.Ф., доктор техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова», иностранный член АГН;

– Юсупов Х.А., доктор техн. наук, профессор кафедры «Горное дело» Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева, член-корр. НАН РК.

– Долгонос В.Н., доктор техн. наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова», иностранный член АГН;

– Портнов В.С., доктор техн. наук, профессор кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова», иностранный член АГН;

– Ожигин С.Г., доктор техн. наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова», иностранный член АГН.

Поздравляем юбиляров!

В июне 2022 г. исполнилось 70 лет доктору техн. наук, иностранному члену АГН, профессору кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова»,
Лауреату премии им. академика А.А. Скочинского
Владимиру Федоровичу Демину.

В июне 2022 г. исполнилось 75 лет доктору техн. наук, иностранному члену АГН, профессору кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова»,
Лауреату премии им. академика А.А. Скочинского
Василию Сергеевичу Портнову.

В сентябре 2022 г. исполняется 60 лет доктору техн. наук, профессору, академику Национальной академии наук Республики Казахстан, члену Президиума АГН, старшему научному сотруднику ИПКОН РАН,
Лауреату премий им. академика А.А. Скочинского и им. академика А.М. Терпигорева
Самату Бикитаевичу Алиеву.

В октябре 2022 г. исполнится 70 лет доктору техн. наук, профессору, иностранному члену АГН, независимому директору НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова»,
Лауреату премии им. академика А.А. Скочинского
Болату Маулетовичу Кенжину.

В октябре 2022 г. исполнится 75 лет доктору техн. наук, иностранному члену АГН, профессору кафедры физики НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова»,
Лауреату премии им. академика А.А. Скочинского
Юрию Михайловичу Смирнову.

Горная общественность, коллеги по работе, друзья, ученики, редколлегия и редакция журнала «Уголь» от всей души поздравляют юбиляров и желают им творческого долголетия, здоровья и новых вершин в науке и жизни!

Технологии и особенности открытых горных работ на месторождениях угля на острове Калимантан в Индонезии по данным спутниковой съемки*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-28-31>

ЗЕНЬКОВ И.В.,

доктор техн. наук, профессор
Сибирского федерального университета,
профессор Сибирского государственного университета
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,
660041, 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

ЮРКОВСКАЯ Г.И.,

канд. экон. наук, доцент Сибирского
государственного университета науки
и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,
660037, г. Красноярск, Россия

СУСЛОВ Д.Н.,

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

РАЕВИЧ К.В.,

канд. техн. наук, доцент Сибирского федерального
университета, 660041, г. Красноярск, Россия

ЛАТЫНЦЕВ А.А.,

канд. техн. наук, доцент Сибирского федерального
университета, 660041, г. Красноярск, Россия

МАГЛИНЕЦ Ю.А.,

канд. техн. наук, профессор Сибирского федерального
университета, 660041, г. Красноярск, Россия

КОНДРАШОВ П.М.,

канд. техн. наук, профессор Сибирского федерального
университета, 660041, г. Красноярск, Россия

ПАВЛОВА П.Л.,

канд. техн. наук, доцент Сибирского федерального
университета, 660041, г. Красноярск, Россия

В статье представлены результаты исследования деятельности карьеров по добыче угля на острове Калимантан в Индонезии. В ходе дистанционного мониторинга выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, по результатам аналитических расчетов определен годовой объем вскрышных работ и добычи угля. По результатам спутниковой съемки выявлен тренд в незначительном сокращении объемов добычи угля.

Ключевые слова: Индонезия, остров Калимантан, месторождения угля, открытые горные работы, карьеры по добыче угля, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины, дистанционное зондирование Земли.

Для цитирования: Технологии и особенности открытых горных работ на месторождениях угля на острове Калимантан в Индонезии по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Г.И. Юрковская и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 28-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-28-31.

ВВЕДЕНИЕ

В мировой угледобывающей отрасли в последние годы на одно из первых мест по экспорту угля уверенно вышла Индонезия. И это не случайно – страна с запасами угля более 100 млрд т находится на четвертом месте в мире по численности населения и занимает исключительное географическое расположение в Юго-Восточной Азии относительно стран, потребляющих энергетический уголь. С другой стороны, большие запасы твердых полезных ископаемых, спрос на которые со стороны мировой экономики постоянно растет, способствуют промышленному развитию национальной экономики Индонезии. Как известно, работа угледобывающего сектора в масштабных объемах инициирует создание большого количества рабочих мест как в основном производстве (добыча угля), так и в логистической системе угольных потоков, представленной в работе [1]. К настоящему времени от-

* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли.

сутствует четкое представление о работе карьеров на месторождениях угля на острове. Поэтому, по нашему мнению, необходимо заполнить этот пробел новыми знаниями на основе ресурсов спутниковой съемки, которыми пользуются специалисты в научно-прикладных исследованиях [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРАХ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ

По данным спутниковой съемки масштабные открытые горные работы на месторождениях угля в Индонезии производят вдоль восточного побережья острова Калимантан в полосе с максимальным удалением от береговой линии на 180 км [9]. Протяженность этой полосы с севера на юг острова составляет 980 км. На этой территории месторождения угля характеризуются горно-геологическими характеристиками в широком диапазоне. Угли залегания угольных пластов находятся в широком диапазоне – от нуля до 90°. В угленосной толще находятся до десяти сближенных крутонаклонных или вертикально расположенных промышленных пластов, суммарная горизонтальная мощность которых доходит до 300 м. В своем исследовании мы условно сгруппировали все угледобывающие предприятия (карьеры) в три категории: карьеры с производственной мощностью по добыче угля на уровне 1,0 млн т в год, с производственной мощностью от 2 до 5 млн т в год и карьеры с годовым объемом 5 млн т и более.

Главным фактором, в существенной степени сдерживающим темпы продвижения горных работ в карьерах, является работа угледобывающих предприятий в экваториальном климате с количеством осадков в диапазоне 2000-3000 мм в год. Это приводит к большим объемам карьерного водоотлива, а также к проявлению деформаций рабочих и нерабочих бортов карьеров.

По данным спутниковой съемки в карьерах с годовой производственной мощностью по добыче угля в пределах 1 млн т работают экскаваторно-автомобильные комплексы из гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с вместимостью ковша 2,5-4 куб. м и автосамосвалов грузоподъемностью 30 т с колесной формулой 6х4. Эти комплексы используют как на вскрышных работах, так и на отработке угольных пластов на месторождениях с небольшими запасами – до 10 млн т. На локальных месторождениях залегание пластов горизонтальное, поэтому по мере появления выработанного пространства появляется возможность организации внутренних отвалов [9]. Глубина карьеров не превышает 50 м. Расстояние транспортировки вскрышных пород на отвалы – не более 1,0 км. Уголь складировать на прикарьерных поверхностных складах-площадках. Далее по автодорогам общего назначения уголь транспортируют в магистральных полуприцепах до мест его погрузки, обустройстваемых на берегах рек, на баржи класса «река – море». Период разработки угленасыщенных участков месторождений обычно не превышает 6-8 лет. В структуре угледобывающей отрасли острова общий объем добычи угля на таких месторождениях составляет 54-55 млн т в год.

Основной объем угля на острове добывают в карьерах на угленасыщенных участках месторождений с несколькими пластами, залегающими под углом 25-45°. Суммарный объем добычи угля на этих месторождениях, по нашей оценке, составляет 260 млн т в год. Здесь в карьерах работают экскаваторно-автомобильные комплексы из гидравлических экскаваторов типа «прямая лопата» и «обратная лопата» с вместимостью ковша от 2,5 до 12 куб. м и автосамосвалов грузоподъемностью от 30 до 120 т [9]. Карьеры на месторождениях с большими запасами угля имеют протяженность по нижнему добычному уступу до 20 км. Одновременно в одном карьере на выемке вскрышных пород и угля работают до 40 экскаваторов, а на вывозке горной массы – 160-180 автосамосвалов.

В более мощных карьерах на месторождениях с крутонаклонным или вертикальным расположением угольных пластов технологическое преимущество отдано гидравлическим экскаваторам с вместимостью ковша 18-24 куб. м. Транспортировка горных пород производится автосамосвалами грузоподъемностью 180-260 т. В таких карьерах выемку горных пород осуществляют после буровзрывного рыхления. Суммарный годовой объем добычи угля в карьерах находится на уровне 200 млн т.

Фрагменты горных работ в карьерах с разной производственной мощностью по добыче угля и различающимся горно-геологическим строением представлены на *рисунке*.

Направление продвижения горных работ в карьерах на участках месторождений с горизонтальным залеганием угольных пластов мощностью до 12 м показано стрелками желтого цвета (*см. рисунок, а*). На этом же рисунке в кольцах желтого цвета находятся гидравлические экскаваторы на выемке вскрышных пород, а кольцом белого цвета обведен экскаватор на отработке угольного пласта. В правой части этого же рисунка показано концентрированно представленные гидравлические экскаваторы (*см. рисунок, б*). Кольцами зеленого цвета обведены экскаваторы типа «прямая лопата» на выемке вскрышных пород, а в кольце красного цвета находится экскаватор типа «обратная лопата» на выемке угля.

Стрелками синего цвета показано движение груженых автосамосвалов от экскаваторных забоев до мест разгрузки – породных отвалов или угольных складов. Взрывные скважины в горных породах бурят по диагональной сетке с размерами 7х9 м. В ходе изучения информационных ресурсов дистанционного зондирования установлено, что при разработке месторождений угля применяют как однобортные системы разработки, так и двухбортные с разноской рабочих бортов, ориентированных по длинной оси карьеров. Также широко практикуется разработка угленасыщенных участков блоками, причем в отработанных блоках производят отсыпку внутренних породных отвалов.

По данным спутниковой съемки, общая протяженность фронта добычных работ составляет 337 км. Всего в карьерах по добыче угля работают 43 буровых станка, 487 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с вместимостью ковша 2,5-4 куб. м, 539 гидравлических



Открытые горные работы на месторождениях угля на острове Калимантан (на снимках из космоса):
 а – в карьере с производственной мощностью по добыче угля 1 млн т в год;
 б – в карьере с производственной мощностью по добыче угля 18 млн т в год.

экскаваторов типа «обратная лопата» и «прямая лопата» с вместимостью ковша 8-24 куб. м. На вывозке вскрышных пород и угля из карьеров используют 2890 автосамосвалов общего назначения грузоподъемностью 30 т с колесной формулой 6×4 и 1465 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью от 50 до 260 т. На вспомогательных работах задействовано 386 бульдозеров. Отметим, что такой комплект горнотранспортного оборудования в условиях «сухого» климата может обеспечить годовую производительность на 25-30% выше, чем в условиях экваториального климата острова Калимантан.

Сухопутную логистику угольных потоков от мест добычи угля до мест погрузки в средства речного транспорта обеспечивают магистральные полуприцепы грузоподъемностью 40-50 т. Также в этом логистическом звене широко используется конвейерный транспорт, по которому уголь перемещают со складов на морское побережье. Протяженность единичного стационарного конвейера достигает 8 км. Вторым звеном угольной логистики на острове являются крупномасштабные речные перевозки [1]. Речную логистику угольных потоков на острове Калимантан обеспечивают 3600 барж класса «река – море» с таким же количеством буксиров. В этих же судах доставляют уголь до тепловых электростанций на островах Ява, Бали, Сулавеси и др.

Параллельно с изучением технологического потенциала угольной отрасли острова по данным спутниковой съемки установлено, что на земной поверхности в границах месторождений угля находятся большие по площади пальмовые плантации, составляющие основу агропромышленного комплекса Индонезии. Это обстоятельство принимается во внимание при возврате в сельскохозяйственный оборот породных отвалов, отсыпанных в ходе открытой разработки месторождений угля. Угледобывающие предприятия проводят на поверхности и откосах отвалов специальные работы по высадке пальм. Отметим, что собственники карьеров по добыче угля находятся в полном компромиссе с мест-

ным населением, занимающимся сельским хозяйством на плантациях, находящихся по соседству с угледобывающими предприятиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определен состав горнотранспортного оборудования, работающего в карьерах по добыче угля на острове Калимантан в Индонезии. По нашей оценке, совокупный объем добычи угля в карьерах на территории острова характеризуется коэффициентом вскрыши на уровне 4 т/т. Исходя из технологий производства горных работ и производительности горной техники, объем перерабатываемой горной массы (вскрышные породы и уголь) находится на уровне 2,5 млрд т в год. В целом, по данным дистанционного мониторинга, в последние два десятилетия на территории острова Калимантан наблюдается повышательный тренд в объемах добычи угля с небольшим снижением в последние годы.

Список литературы

1. Зеньков И.В. Открытые горные работы и управление логистикой в угледобывающей отрасли Индонезии // Уголь. 2019. № 7. С. 108-110. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-108-109.
2. Кашницкая М.А. Исследование динамики площадей водной поверхности озер степной зоны Восточного Забайкалья на основе данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 242-253.
3. Курбатова И.Е., Верещака Т.В., Иванова А.А. Космический мониторинг трансформации болотных ландшафтов в условиях антропогенных воздействий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 216-227.
4. Pashkevich M.A., Danilov A.S., Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine // Eurasian mining. 2021. № 1. P. 79-83.
5. Carsten Neumann, Robert Behling, Anne Schindhelm, Sibylle Itzerott, Gabriele Weiss, Matthias Wichmann, Jörg Müller. The colors

- of heath flowering – quantifying spatial patterns of phenology in Calluna life cycle phases using high resolution drone imagery // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2020. Vol. 6. Is. 1. PP. 35-51.
6. Busquier M, Valcarce-Diñeiro R, Lopez-Sanchez JM, Plaza J, Sánchez N, Arias-Pérez B. Fusion of Multi-Temporal PAZ and Sentinel-1 Data for Crop Classification // Remote Sens. 2021. № 13. 3915.
 7. Montgomery J., Mahoney C., Brisco B., Boychuk L., Cobbaert D., Hopkinson, C. Remote Sensing of Wetlands in the Prairie Pothole Region of North America // Remote Sens. 2021. № 13. 3878.
 8. Parlow E. Regarding Some Pitfalls in Urban Heat Island Studies Using Remote Sensing Technology // Remote Sens. 2021. 13. 3598.
 9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.08.2022).

ABROAD

Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, G.I. Yurkovskaya, D.N. Suslov, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, Yu.A. Maglinets, P.M. Kondrashov, P.L. Pavlova, 2022
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 28-31
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-28-31>

Title
TECHNOLOGIES AND FEATURES OF SURFACE MINING OF COAL DEPOSITS ON THE ISLAND OF KALIMANTAN IN INDONESIA BASED ON SATELLITE IMAGING DATA

Authors

Zenkov I.V.^{1,2}, Trinh Le Hung³, Yurkovskaya G.I.², Suslov D.N.², Vokin V.N.¹, Kiryushina E.V.¹, Raevich K.V.¹, Latyntsev A.A.¹, Maglinets Yu.A.¹, Kondrashov P.M.¹, Pavlova P.L.¹

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

³ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

Authors Information

Zenkov I.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior Researcher, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung, PhD (Engineering), Associate Professor

Yurkovskaya G.I., PhD (Economic), Associate Professor

Suslov D.N., PhD (Economic), Associate Professor

Vokin V.N., PhD (Engineering), Professor

Kiryushina E.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Raevich K.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Latyntsev A.A., PhD (Engineering), Associate Professor

Maglinets Yu.A., PhD (Engineering), Professor

Kondrashov P.M., PhD (Engineering), Professor

Pavlova P.L., PhD (Engineering), Associate Professor

Abstract

The paper presents the results of studying surface coal mining operations on the Island of Kalimantan in Indonesia. Remote sensing studies revealed the number of mining and haulage machines working in the coal pits. The annual volume of stripping operations and coal production were determined based on the results of analytical calculations. The results of satellite observations helped to identify a trend of slightly decreasing coal production.

Keywords

Indonesia, the Island of Kalimantan, Surface mining, Coal strip mines, Annual coal production, Mining and transport machinery, Remote sensing.

References

1. Zenkov I.V. Surface mining and logistics management in the Indonesian coal industry. *Ugol'*, 2019, (7), pp. 108-110. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-108-109.
2. Kashnitskaya M.A. Studies of the dynamics in the water surface areas of lakes in the steppe zone of the Eastern Transbaikalia based on the Earth remote sensing data. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa*, (In Russ.).

3. Kurbatova I.E., Vereshchaka T.V. & Ivanova A.A. Space monitoring of bog landscapes transformation under anthropogenic impact. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa* (In Russ.).

4. Pashkevich M.A., Danilov A.S. & Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine. *Eurasian mining*, 2021, (1), pp. 79-83.

5. Carsten Neumann, Robert Behling, Anne Schindhelm, Sibylle Itzerott, Gabriele Weiss, Matthias Wichmann & Jörg Müller. The colors of heath flowering – quantifying spatial patterns of phenology in Calluna life-cycle phases using high-resolution drone imagery. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2020, Vol. 6, (1), pp. 35-51.

6. Busquier M., Valcarce-Diñeiro R., Lopez-Sanchez J.M., Plaza J., Sánchez N. & Arias-Pérez B. Fusion of Multi-Temporal PAZ and Sentinel-1 Data for Crop Classification. *Remote Sens*, 2021, (13), 3915.

7. Montgomery J., Mahoney C., Brisco B., Boychuk L., Cobbaert D. & Hopkinson C. Remote Sensing of Wetlands in the Prairie Pothole Region of North America. *Remote Sens*, 2021, (13), 3878.

8. Parlow E. Regarding Some Pitfalls in Urban Heat Island Studies Using Remote Sensing Technology. *Remote Sens*, 2021, (13), 3598.

9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.08.2022).

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, Yurkovskaya G.I., Suslov D.N., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Maglinets Yu.A., Kondrashov P.M. & Pavlova P.L. Technologies and features of surface mining of coal deposits on the Island of Kalimantan in Indonesia based on satellite imaging data. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 28-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-28-31.

Paper info

Received June 27, 2022

Reviewed July 20, 2022

Accepted August 25, 2022



ЛОХОВ Д.С.

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

Шламовые насосы. Абсолютная герметичность

Ключевые слова: TAPP Group, шламовые насосы

Утечка перекачиваемой жидкости через уплотнение вала – одна из самых распространенных проблем при эксплуатации насосов, и для того чтобы исключить ее, многие используют технологию с затворной жидкостью, которая обеспечивает смазку, промывку и охлаждение уплотнений, а также служит для предотвращения попадания перекачиваемой среды наружу. При использовании некоторых видов уплотнений, чаще всего сальниковых и торцевых, отсутствие затворной жидкости приводит к разрушению и аварийной остановке насоса. Но эта технология неэффективна и ведет к внушительным затратам.

ПОЧЕМУ?

Давление в затворной камере должно быть на 0,1-0,3 МПа выше, чем давление перекачиваемой среды на входе в насосную установку. Поддержание давления способствует повышенным затратам электроэнергии и чрезмерному расходу затворной жидкости, так как если давление перекачиваемой среды увеличивается и становится больше давления затворной жидкости, то часть перекачиваемой среды попадает в уплотнение, смешивается с затворной жидкостью и попадает в маслостанцию или наружу. Наличие перекачиваемой среды в маслостанции способствует засорению фильтров, жиклеров и поломке оборудования, а расход затворной жидкости на некоторых предприятиях составляет более 200 л/сутки.

В шламовых насосах компании TAPP Group в уплотнении вала применена запатентованная технология механического уплотнения без давления с самоциркулирующей охлаждающей жидкости и экспеллером. Использование такой технологии предотвращает попадание твердых частиц в полость механического уплотнения и сокращает или устраняет необходимость в использовании промывочной воды, а также уменьшает износ кольца механического уплотнения. Такая технология обеспечивает высокую герметичность, низкие эксплуатационные затраты, а также длительный срок службы оборудования и комплектующих.

Шламовый насос от TAPP Group – это высокоэффективная замена насосов Krebs, Warman, Metso. Мы изготавливаем насосы, отвечающие вашим потребностям, от горизонтальных и вертикальных шламовых насосов, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации (включая разгрузку мельницы и переработку хвостов), до погружных горизонтальных и осевых насосов.

ПРЕИМУЩЕСТВА

– Конструкция агрегата и подшипниковый узел обеспечивают уравновешивание радиальных и осевых нагрузок, гарантируя тем самым бесперебойную работу насоса, а специальная конструкция подшипникового узла обеспечивает длительный срок службы и легкую регулировку/замену узла в сборе.

– Насосы могут быть футерованы запатентованной износостойкой керамической защитой. Срок ее службы в 3-10 раз больше, чем у износостой-



ких сплавов с высоким содержанием хрома, а твердость по шкале Мооса достигает 9, что позволяет исключить кавитационные повреждения, снизить затраты на обслуживание и увеличить срок службы оборудования.

– В уплотнении вала применена запатентованная технология механического уплотнения без давления с самоциркуляцией охлаждающей жидкости и экспеллером.

– Проточная часть оснащена крыльчаткой, конструкция которой обеспечивает беспрепятственный проход твердых частиц, исключая возможность засорения и протечки. Рабочее колесо справится даже с волокнистым материалом. Оно разработано по технологии соотношения скоростей твердой и жидкой фаз, что обеспечивает необходимые показатели, максимальный срок службы и минимальные эксплуатационные расходы.

– Все кронштейны шламовых насосов нашей компании изготавливаются на обрабатывающем центре для обеспечения точности, увеличения соосности роторной части насоса, вертикальности торца и так далее, чтобы обеспечить срок службы механического уплотнения.



Если вам нужны простое обслуживание, минимальные эксплуатационные расходы и длительный срок службы, свяжитесь с нами.

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:



Особенности перехода российской угольной промышленности к наилучшим доступным технологиям

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-34-40>

ДОБРОХОТОВА М.В.

Заместитель директора
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»,
141006, г. Мытищи,
Московская обл., Россия,
e-mail: m.dobrohotova@eipc.center

На протяжении последнего десятилетия в мире активно развиваются климатическая и экологическая повестки, прежде всего – в рамках четвертого энергетического перехода. Различные государства вводят законодательные требования в области ограничения выбросов парниковых газов. Такие требования представляют серьезный вызов для российской угольной промышленности. Вместе с тем ключевым механизмом декарбонизации промышленности должна стать реализация экономически эффективных проектов, направленных на повышение ресурсной эффективности производства. На первый план выходит разработка системы критериев для мер государственной поддержки таких проектов, основанной на принципах наилучших доступных технологий (НДТ). В статье проведен анализ особенностей перехода российской угольной промышленности к наилучшим доступным технологиям, включая не только добычу, но и перевалку угля, а также различные направления технологического использования углей, от энергогенерации до газификации угля и процессов углехимии. Подчеркнута значимость актуализации соответствующих информационно-технических справочников по НДТ для установления объективных показателей, характеризующих устойчивое развитие угольной промышленности с учетом углеродоемкости технологий с обоснованием преференционных регулирующих решений.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, ресурсная эффективность, углеродоемкость, промышленная политика, индикативные показатели, добыча и обогащение угля, перевалка угля, черная металлургия, экономический рост.

Для цитирования: 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.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим глобальным трендом развития промышленности во всем мире является смещение вектора в сторону установления жестких экологических и климатических требований в рамках четвертого энергоперехода в целях обеспечения устойчивого развития [1, 2, 3].

Такие требования формируют вызов для системообразующих отраслей российской промышленности, в том числе для предприятий, реализующих деятельность по добыче, обогащению, использованию (энергетическому и углехимическому), хранению, перевалке и транспортировке угля.

При этом ключевыми задачами для развития любой отрасли промышленности являются необходимость обеспечения экономической эффективности деятельности и удовлетворение растущих и последовательно изменяющихся потребностей общества. В сочетании с сохранением качества окружающей среды и ресурсной базы эти позиции формируют концепцию устойчивого развития. Для успешного выхода на траекторию устойчивого развития угольной отрасли

промышленности в условиях обеспечения технологической независимости через импортозамещение требуется проведение системных организационно-экономических и технологических преобразований [4].

Принято считать, что выполнение норм природоохранного и климатического законодательства исключительно затратно и не окупаемо для хозяйствующих субъектов. Однако это не совсем так. Начать следует с того, что приносит очевидную пользу, – с ограничения первопричин, приводящих к загрязнению окружающей среды и выбросам парниковых газов, то есть с более эффективного использования сырьевых ресурсов и материалов. Иными словами – с проектов, направленных на повышение ресурсной эффективности производства, то есть на снижение ресурсо- и энергоёмкости технологических процессов.

Комплексная система мер регулирования, направленных на достижение долгосрочного экономического роста, в том числе за счет модернизации и повышения технологического уровня отраслей промышленности, формирует основу промышленной политики Российской Федерации на современном этапе [5]. Ключевым инструментом регулирования общественных отношений в сфере промышленности, наряду с прямыми запретами и ограничениями, выступают меры стимулирования и государственной поддержки. Важно определить, какие проекты государству следует поддерживать. В этой связи на первый план выходит разработка критериев (системы показателей) мер государственной поддержки и принятия регулирующих решений.

Наиболее детально такие подходы проработаны в рамках создания системы регулирования, основанной на принципах наилучших доступных технологий (НДТ), а также на применении международно признанных методических подходов, значимым элементом которых является установление объективных показателей для сравнения технологий [6].

Таким образом, целесообразно сосредоточить внимание на переходе к НДТ с учетом особенностей российской угольной промышленности с определением: областей применения НДТ, механизмов комплексных экологических разрешений, НДТ перевалки угля в морских портах, актуализации ИТС НДТ с учетом ресурсной эффективности и углеродоемкости, бенчмаркинга и отбора «зеленых» проектов.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Переход к технологическому нормированию, основанному на принципах НДТ, начался в Российской Федерации в 2014 г. с принятием Федерального закона № 219-ФЗ [7]. Области применения НДТ охватывают практически все этапы и проекты обращения с углем: от добычи до конечного использования (табл. 1).

Проведенный анализ ИТС НДТ говорит о возможности применения единых подходов к формированию проектов модернизации и решению задачи гармонизации и унификации требований к технологиям, разработке одновременно понятных и прозрачных условий как для бизнеса, так и для государства. При этом целесообразно формировать единые подходы к регулированию в области разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых в рамках евразийского технико-экономического сотрудничества [9].

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕШЕНИЯ

В 2014 г. установлены обязательные требования к объектам негативного воздействия на окружающую среду (ОНВОС) [7]. Эти требования продолжают совершенствоваться в рамках нормативных правовых актов различного уровня [10, 11]. В соответствии с требованиями объекты I категории, то есть оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду, обязаны применять наилучшие доступные технологии и получить комплексные экологические разрешения (КЭР). Это более 700 объектов по обращению с углем, деятельность которых относится к областям применения НДТ.

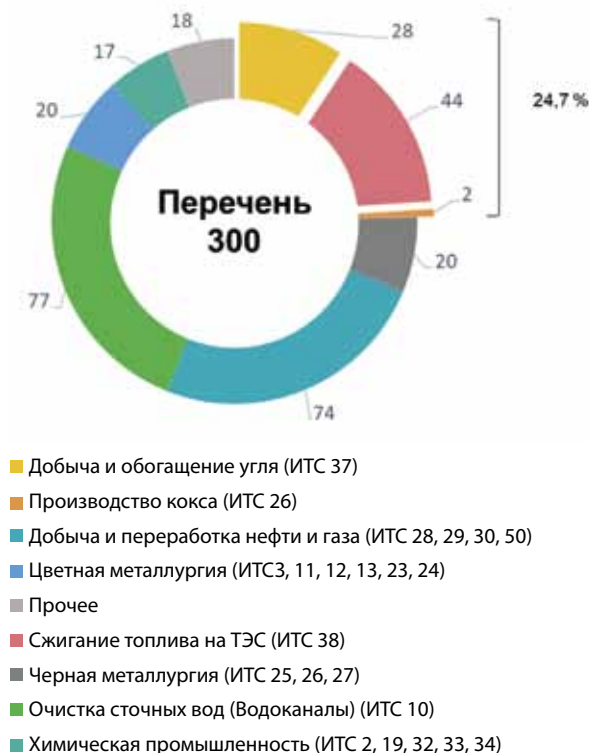
Анализ перечня ОНВОС, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы и сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60% («Перечень 300») [12], показал, что около 25% от общего числа таких ОНВОС – это объекты, непосредственно связанные с добычей и использованием угля (рис. 1).

По состоянию на июнь 2022 г. объектам по добыче угля выдано 22 комплексных экологических разрешения. Отметим, что в КЭР устанавливаются технологические нормативы выбросов и сбросов загрязняющих веществ, которые рассчитываются на основе технологических показателей, формируемых исходя из требований ИТС НДТ.

Таблица 1

Соответствие информационно-технических справочников (ИТС) областям применения НДТ [8]

Область применения НДТ	Категория объекта негативного воздействия	Информационно-технический справочник по НДТ
Добыча и обогащение угля	I	ИТС 37-2017 Добыча и обогащение угля
Утилизация и обезвреживание отходов, обращение с вскрышными и вмещающими горными породами	I, II – в зависимости от способа обращения и мощности оборудования	ИТС 16-2016 Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы ИТС 17-2021 Размещение отходов производства и потребления
Производство металлургического кокса	I	ИТС 26-2021 Производство чугуна, стали и ферросплавов
Производство электрической и тепловой энергии на угольных теплоэлектростанциях	I – установленная электрическая мощность более 250 МВт	ИТС 38-2017 Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии
Перевалка угля в морских торговых портах	II	ИТС 46-2019 Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)



Источник: оценка автора на основе [12]

Рис. 1. Распределение объектов из «Перечня 300» по видам деятельности и ИТС НДТ

Отличительная черта российских ИТС НДТ – наличие численных значений показателей для деятельности по добыче угля, а также руд черных и цветных металлов. В других странах справочники для этих отраслей представляют собой методические документы, в которых приведены описания общих подходов к снижению негативного воздействия и повышению ресурсоэффективности технологических процессов [13].

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВАЛКИ УГЛЯ В МОРСКИХ ТОРГОВЫХ ПОРТАХ

Россия отметилась единственным случаем применения положений НДТ для регулирования деятельности по перевалке угля. Техническим регламентом по безопасности объектов морского транспорта предусмотрено обязательное применение технологий и технических решений при перевалке угля в морских торговых портах, которые позволяют снизить выбросы загрязняющих веществ до установленного безопасного уровня [14]. Этот уровень определяется ИТС 46-2019 «Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)».

Необходимо отметить, что в силу специфики осуществляемых технологических процессов технологическим показателем оценки достаточности и результативности применения НДТ является показатель соответствия качества атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны утвержденным гигиеническим нормативам (предельно допустимым концентрациям). При этом подтверждение соответствия НДТ проводится в рамках

государственной экологической экспертизы проектной документации на строящиеся объекты или документации, обосновывающей деятельность по перевалке угля в морском порту, для действующих объектов.

ПЕРСПЕКТИВЫ АКТУАЛИЗАЦИИ – ПОКАЗАТЕЛИ РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И УГЛЕРОДОЕМКОСТИ

Российские ИТС НДТ, представляющие собой документы национальной системы стандартизации, отличаются гибким механизмом корректировки и внесения изменений. Это позволяет актуализировать их в условиях реального времени с учетом национальных целей и приоритетов. Если в Европейском союзе справочники актуализируются примерно один раз в 7-10 лет, то в Российской Федерации создан механизм, позволяющий проводить эту процедуру более динамично: от начала разработки (формирования специальной технической рабочей группы) до утверждения ИТС НДТ проходит примерно 1 год [13].

С 2019 г. в справочниках устанавливаются показатели ресурсной (в том числе энергетической) эффективности, то есть показатели расхода сырья, материалов, энергии и воды на производство продукции. Оценка достижения установленных показателей проводится при конкурсном отборе и оценке инвестиционных проектов модернизации в рамках субсидиарной поддержки по «зеленым» кредитам и облигациям [15]. При этом к категории «зеленых проектов» все чаще относят проекты, направленные на ограничение выбросов парниковых газов [16].

В 2021 г. Правительством Российской Федерации была поставлена задача декарбонизации российской промышленности и разработки плана мероприятий по обеспечению энергоперехода [17, 18]. Учитывая, что информационно-технические справочники зарекомендовали себя в качестве универсального документа, позволяющего определить текущий уровень развития технологий в различных отраслях и задать целевые ориентиры, было принято решение об их использовании для целей постановки задач по снижению углеродоемкости российской промышленности.

Начиная с 2022 г. ИТС НДТ будут включать индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов [19]. Отметим, что термин «индикативные», предложенный исследователями в 2021 г., выбран для того, чтобы подчеркнуть фундаментальное отличие между обязательными технологическими показателями эмиссий загрязняющих веществ, применяемыми в рамках природоохранного законодательства (при принятии решений о выдаче КЭР), и стимулирующими снижении углеродоемкости производства (ориентировочными) удельными показателями (в расчете на единицу выпускаемой продукции) выбросов парниковых газов.

Характеристика деятельности по обращению с углем с точки зрения выбросов парниковых газов приведена на рис. 2.

Порядок актуализации справочников в области обращения с углем отражает вклад видов деятельности в формирование общей массы выбросов парниковых газов:

– 2022 г. – ИТС 26 «Производство чугуна, стали и ферросплавов»;

– 2023 г. – ИТС 16 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы», ИТС 37 «Добыча и обогащение угля»;

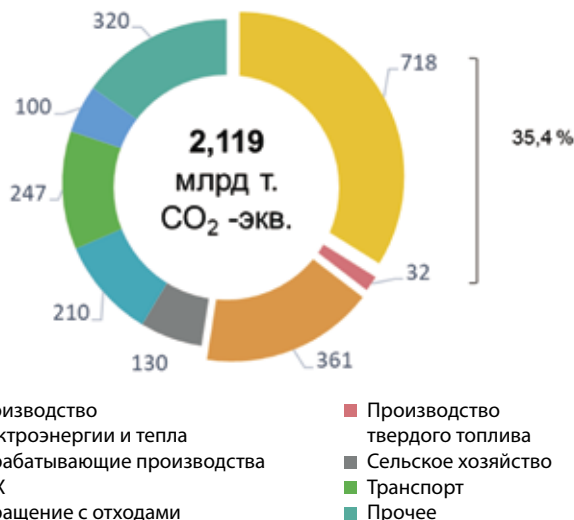
– 2024 г. – ИТС 38 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии», ИТС 46 «Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)».

БЕНЧМАРКИНГ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОКСА В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Бенчмаркинг представляет собой сопоставительный анализ, включающий несколько обязательных этапов: формирование экспертной рабочей группы, разработку анкеты для сбора первичных данных с предприятий отрасли, сбор и обработку данных, построение кривых бенчмаркинга на основе показателей ресурсной эффективности, на которых зашифрованы наименования конкретных предприятий [19]. В России впервые целевые показатели ресурсной эффективности были установлены для черной металлургии. В ИТС 26-2019 определены показатели потребления электроэнергии, степени использования коксового газа, доля повторного использования воды. В настоящее время проводится национальный отраслевой бенчмаркинг углеродоемкости производства кокса, по результатам которого ИТС будет дополнен индикативными показателями удельных выбросов парниковых газов.

При создании российской системы бенчмаркинга необходимо предусмотреть возможность сравнения не только российских предприятий между собой, но и с зарубежными производствами в рамках международных систем бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов:

- системы торговли квотами Европейского союза (EU ETS) [20];
- Мировой ассоциации стали (WSA) [21];
- Европейской федерации черной металлургии (Eurofer) [22].



Источник: оценка автора на основе [19]

Рис. 2. Структура выбросов парниковых газов от деятельности по обращению с углем в РФ (2019 г.)

Эти подходы отличаются границами производственных систем, в рамках которых ведется учет, а также методиками расчетов (табл. 2).

Выбросы определяются за полный календарный год. В границы расчета в качестве прямых выбросов включаются эмиссии, сопровождающие производство сырья и топлива, а также основной продукции и вторичных ресурсов, в качестве косвенных – эмиссии, связанные с производством электро- и тепловой энергии, в том числе с использованием вторичных топливных газов.

Предварительные результаты сравнительного анализа удельных выбросов CO₂ при производстве кокса представлены в виде кривой бенчмаркинга, сформированной на основании средних показателей российских предприятий за 2017–2022 гг. (рис. 3).

Таблица 2

Технологические процессы и установки, включенные в границы пердела при проведении расчетов выбросов парниковых газов от производства кокса

Система регулирования	Регулируемые технологические процессы и установки
Методика РФ	– Приемка концентрата – Угледобготовка и шихтоподготовка – Коксовые батареи и тушение кокса – Цех улавливания
WSA (ISO14404-2)	Все установки, относящиеся к пределу
EUROFER (EN 19694-2)	Подготовка угля: дробление, отсеивание, смешивание; коксовые батареи: загрузка, печи, проталкивание, перекачка кокса, система тушения (влажная или сухая); подготовка газа: удаление гудрона, нафталина, бензола и серы (дальнейшая обработка дегтя исключена); котлы: внутризаводское производство пара для технологических нужд или для рекуперации тепла; оборудование для борьбы с загрязнением: улавливание пыли на конвейерах, вытравливание кокса, сероочистка, аммиачный туман; специализированная водоподготовка: отстаивание, биоочистка, нитрификация и денитрификация; грохочение кокса: отделение крупногабаритного кокса для доменной печи и кокса для аглофабрики.
EU ETS	Все процессы и технологические установки, прямо или косвенно связанные с работой коксовых батарей, предварительный нагрев (размораживание) угля, дробление, отвод коксового газа, выдача и тушение кокса, дистилляция, производство пара, регулирование давления, биологическая очистка воды, разное нагревание побочных продуктов и водородный сепаратор включены, очистка коксового газа включена.

Подготовлено автором на основе [20, 21, 22, 23].

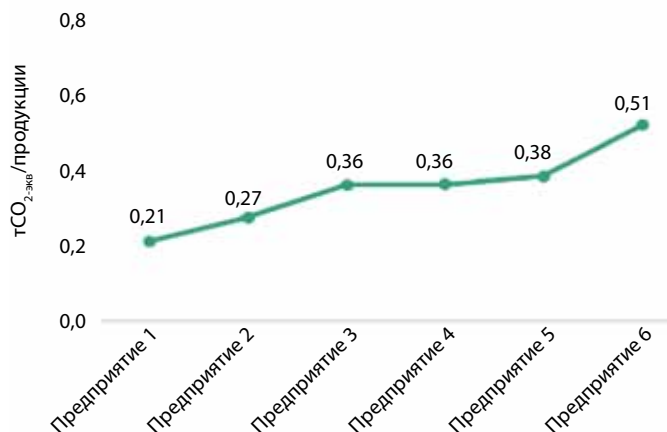
Достаточно широкий диапазон полученных расчетным путем удельных выбросов CO₂ при производстве кокса обусловлен различием величин удельной поправки к прямым выбросам, зависящей от уровня использования вторичных топливных газов. Кроме того, существенное влияние на величину выброса оказывают принятые при проведении расчета коэффициенты удельного содержания углерода в энергетических ресурсах. При отсутствии данных от предприятий о содержании углерода в топливе использованы справочные данные, приведенные в европейском стандарте EN 19694-2:2016 [23]. При последующем анализе и обработке полученных результатов указанные коэффициенты будут уточнены.

Отметим, что системы отраслевого бенчмаркинга выбросов парниковых газов в различных странах и регионах, кроме сравнительного анализа углеродоемкости партнеров и конкурентов, используются для установления национальных и региональных целевых показателей снижения выбросов в наиболее ресурсоемких отраслях. Эта система позволяет оценивать инструменты углеродных налогов и квот (предельных выбросов CO₂) в системах торговли выбросами парниковых газов и системах финансирования «зеленых» проектов [24, 25, 26, 27].

КРИТЕРИИ ОТБОРА «ЗЕЛЕННЫХ» ПРОЕКТОВ

С начала 2021 г. постепенно возрастает активность государств – членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в области развития и гармонизации системы «зеленых» инвестиций и проектов в связи с интересом к развитию «зеленой», в том числе низкоуглеродной, экономики. Уже сегодня Евразийский банк развития активно наращивает «зеленый» портфель и эмитирует «зеленые» облигации. Вместе с тем, по его оценкам, декарбонизация будет ежегодно обходиться странам ЕАЭС в 69 млрд дол. США. Только российской промышленности, по прогнозам отечественных финансовых организаций, потребуется около 1 трлн дол. США до 2050 г.

В этой связи возрастает роль мер государственной поддержки предприятий, реализующих дорогостоящие инвестиционные проекты. При этом важно не допустить нецелевого использования бюджетных средств: государство



Источник: оценка автора на основе данных предприятий России

Рис. 3. Средние показатели удельных выбросов CO₂ при производстве кокса за 2017-2020 гг.

должно поддерживать действительно эффективные проекты, реализация которых позволит двигаться к достижению национальных целей и приоритетов. Очевидно, что систему мер поддержки целесообразно выстраивать на измеримых показателях, позволяющих объективно сравнивать предлагаемые и принимать обоснованные прозрачные решения.

Учитывая, что наиболее полно показатели, характеризующие существующие и перспективные технологии, описаны в ИТС НДТ, для решения задачи по декарбонизации при отборе проектов целесообразно использовать систему показателей ресурсной эффективности и индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов, включаемых в ИТС НДТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промышленная политика, реализуемая в Российской Федерации на современном этапе, должна быть направлена на достижение долгосрочных целей устойчивого экономического роста путем повышения ресурсной эффективности и технологического уровня отраслей промышленности. Для видов деятельности, связанных с обращением с углем, целесообразно в качестве приоритета развития рассматривать переход к НДТ с учетом особенностей развития отрасли в Российской Федерации.

Во-первых, области применения НДТ охватывают практически все этапы обращения с углем, а ИТС содержат технические показатели, установленные для деятельности по добыче, использованию и перевалке угля.

Во-вторых, созданная система разработки ИТС НДТ позволяет более динамично, чем за рубежом, актуализировать их с учетом достижения новых национальных целей. Так, в настоящее время справочники дополняются показателями ресурсной эффективности и индикативными показателями удельных выбросов парниковых газов.

В-третьих, применение концепции НДТ в нашей стране гораздо шире, чем в остальном мире. ИТС НДТ используются при оказании мер государственной поддержки, получении экологических разрешений на ведение деятельности, то есть для решения задач в рамках промышленной, экологической и климатической повесток.

Список литературы

- Smil V. Energy Transitions: History, Requirements, Prospects. Santa Barbara, CA: Praeger, 2010.
- Laird F.N. Against transitions? Uncovering conflicts in changing energy systems // Science as Culture. 2013. Vol. 22/2.
- Гулиев И.А., Соловова Ю.В. Энергетический переход: понятие и исторический анализ. Особенности текущего энергетического перехода // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 10. С. 98-105.
- Развитие угольной промышленности в условиях создания высокопроизводительных рабочих мест, перехода на наилучшие доступные технологии и импортозамещения / В.Б. Казаков, Л.В. Калачева, И.В. Петров и др. // Уголь. 2017. № 6. С. 48-50. DOI:10.18796/0041-5790-2017-6-48-50.
- Мантуров Д.В. О промышленной политике России на перспективу 2018-2030 гг. // Вестник МГИМО. 2018. № 4. С. 7-22.
- Скобелев Д.О., Ученев А.А. Потенциал применения концепции наилучших доступных технологий для принятия решений о го-

- сударственной поддержке реального сектора российской экономики в условиях глобального энергоперехода // Экономика устойчивого развития. 2021. № 4. С.168-179.
7. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 21 июля 2014 года № 219-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297#64U0IK> (дата обращения 15.08.2022).
 8. Об утверждении перечня областей применения наилучших доступных технологий: Распоряжение Правительства от 24 декабря 2014 г. № 2674-р. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420242884#6540IN> (дата обращения 15.08.2022).
 9. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Развитие институтов Евразийского технико-экономического сотрудничества в области разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых // Горный журнал. 2017. № 11. С. 14-17.
 10. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 2398 (ред. от 07.10.2021). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854#6540IN> (дата обращения 15.08.2022).
 11. Скобелев Д.О. Очередной этап развития системы эколого-технологического регулирования промышленности в России // Экономика устойчивого развития. 2022. № 1. С. 83-89.
 12. Об утверждении перечня объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 процентов: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 апреля 2018 г. № 154. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542623710#6500IL> (дата обращения 15.08.2022).
 13. Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе (на русском и английском языках) / Скобелев Д.О., Гусева Т.В., Чечеватова О.Ю. и др. М.: Перо, 2018. 114 с.
 14. Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта: Постановление Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 г. № 620. [Электронный ресурс]. URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=335157&dst=100003> (дата обращения 15.08.2022).
 15. Скобелев Д.О., Волосатова А.А. Разработка научного обоснования системы критериев «зеленого» финансирования проектов, направленных на технологическое обновление российской промышленности // Экономика устойчивого развития. 2021. № 1. С. 181-188.
 16. Применение концепции наилучших доступных технологий в различных системах зеленого финансирования: международный опыт и перспективы использования в государствах – членах Евразийского экономического союза / Д.О. Скобелев, А.А. Волосатова, Т.В. Гусева и др. // Вестник Евразийской науки. 2022. Т. 14. № 2. URL: <https://esj.today/PDF/36ECVN222.pdf> (дата обращения 15.08.2022).
 17. 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 15.08.2022).
 18. 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 15.08.2022).
 19. 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.
 20. 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 15.08.2022).
 21. ГОСТ Р 113.00.11-2022 Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности.
 22. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the Establishment of a Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). COM (2021) 564 final 2021/0214(COD). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0564> (дата обращения 15.08.2022).
 23. Standard EN 19694-2 Stationary source emissions – Greenhouse Gas (GHG) emissions in energy intensive industries. Part 2: Iron and steel industry.
 24. Reimink H., Maciel F. CO₂ Data Collection User Guide, version 10. WSA. Review 2021.
 25. Partnership for Market Readiness. A Guide to Greenhouse Gas Benchmarking for Climate Policy Instruments. World Bank, Washington, DC. 2017. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26848> (дата обращения 15.08.2022).
 26. Corporate GHG Inventorying and Target Setting. Self-Assessment: V1.0. 2020. EPA, Washington, DC. URL: <https://www.epa.gov/climateleadership/corporate-ghg-inventorying-and-target-setting-self-assessment> (дата обращения 15.08.2022).
 27. Tudor C., Sova R. Benchmarking GHG Emissions: Forecasting Models for Global Climate Policy // Electronics. 2021. No 10. 3149.

Original Paper

UDC 658.51:338.242.2 © M.V. Dobrokhotova, 2022

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 34-40

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-34-40>**Title****SPECIFIC FEATURES OF THE RUSSIAN COAL INDUSTRY'S TRANSITION TO THE BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES****Authors**Dobrokhotova M.V.¹¹ Federal State Autonomous Institute 'Environmental Industrial Policy Centre', Mytishy, Moscow region, 141006, Russian Federation

Authors Information

Dobrokhotova M.V., Deputy EIPC,
e-mail: m.dobrokhotova@eipc.center

Abstract

The climate and environmental agendas have been actively developing in the world over the past decade within the framework of the fourth energy transition. Various states introduce legislative requirements for reducing greenhouse gas emissions. These requirements present a serious challenge for the Russian coal industry. The key mechanism for the industrial decarbonisation lies in implementation of cost-effective projects aimed at increasing the production resource efficiency. In order to begin initiating such projects and providing state support to the pilot companies, it is necessary to develop a set of criteria based on the principles of the best available techniques (BAT). The article analyses the Russian coal industry transition to BAT, including not just coal mining, but also its handling (transshipment) as well as various areas of the technological use of coal – from energy generation to coal gasification and coal chemical technology. The author emphasises the important role of Russian Guidance Documents on Best Available Techniques for establishing objective indicators characterising development of the coal industry and considering carbon intensity of technological processes. These indicators are needed to substantiate preferential regulatory decisions.

Keywords

Best Available Techniques, Resource efficiency, Carbon intensity, Industrial policy, Indicative carbon intensity values, Coal mining and preparation, Coal application and transshipment, Economic growth.

References

- Smil V. *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Santa Barbara, CA: Praeger, 2010.
- Laird F.N. Against transitions? Uncovering Conflicts in Changing Energy Systems. *Science as Culture*, 2013. (22).
- Guliev I.A. & Solovova Yu.V. Energy Transition: Concept and Historical Analysis. Features of the Current Energy Transition. *Vestnik Altaiskoj akademii ekonomiki i prava*, 2021, (10), pp. 98-1054. (In Russ).
- Kazakov V.B., Kalacheva L.V., Petrov I.B. & Surat I.L. Coal industry development in the situation of high-performance jobs creation, conversion to the best available technologies and import substitution. *Ugol'*, 2017, (6), pp. 48-50. (In Russ). DOI:10.18796/0041-5790-2017-6-48-50.
- Manturov D.V. On the Industrial Policy of Russia for the Future 2018-2030. *Vestnik MGIMO*, 2018, (4), pp.7–22. (In Russ).
- Skobelev D.O. & Uchenov A.A. The Potential for Applying the Concept of Best Available Techniques For Decision-Making on State Support for the Real Sector of the Russian Economy in the Context of the Global Energy Transition. *Экономика устойчивого развития. Ekonomika ustojchivogo razvitiya*, 2021, (4), pp.168-179. (In Russ).
- Federal Law No 219-FZ of 21 July 2014 'On Amendments to the Federal Law on Environmental Protection and Certain Legislative Acts of the Russian Federation'. [Electronic resource]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901808297#64U0IK> (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- Executive Order of the Government of the Russian Federation No 2674-r of 24 December 2014 on Approval of Application Areas for the Best Available Techniques. [Electronic resource]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420242884#6540IN> (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- Vartanov A.Z., Petrov I.V. & Fedash A.V. Development of institutes of Eurasian technical and economic cooperation in the field of exploration, extraction and processing of solid minerals. *Gornyj zhurnal*, 2017, (11), pp. 14-17.
- Decree of the Government of the Russian Federation No 2398 of 31 December 2020 on Approval of Criteria for Classifying Objects with a Negative Impact on the Environment into Categories I, II, III and IV. [Electronic resource]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573292854#6540IN> (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- Skobelev D.O. Developing the System of Environmental and Technological Regulation of Russian Industry: the Next Step. *Экономика устойчивого развития. Ekonomika ustojchivogo razvitiya*, 2022, (1), pp. 83-89. (In Russ).
- Order of the Ministry of Natural Resources and Environment No 154 of 18 April 2018 On approval of the list of Category I objects with 60% or

more negative contribution to the environment in terms of total air and water emissions. [Electronic resource]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/542623710#6500IL> (accessed 15.08.2022). (In Russ).

- Skobelev D.O., Guseva T.V., Chechevatova O.Yu., Sanzharovsky A.Yu., Shchelchikov K.A. & Begak M.V. Comparative Analysis of the Drawing up and Review of Reference Documents on Best Available Techniques in the European Union and in the Russian Federation (Second Edition). Moscow, Pero Publ., 2018.114 p.
- Decree of the Government of the Russian Federation No 620 of 12 August 2010 On Approval of Technical Regulation on Maritime Transport Facilities. [Electronic resource]. Available at: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=335157&dst=100003> (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- Skobelev D.O. & Volosatova A.A. Scientific Rationale for the Development of the «Green» Project Financing Criteria System Designed to Achieve Technological Restoration for the Russian Industry. *Экономика устойчивого развития. Ekonomika ustojchivogo razvitiya*, 2021, (1), pp. 181-188. (In Russ).
- Skobelev D.O., Volosatova A.A., Guseva T.V. & Panova S.V. Application of the Best Available Techniques Concept in Various Systems of Green Finance: International Experience and Prospects in the Member States of the Eurasian Economic Union. *Vestnik Evrazijskoj Nauki*, 2022, (14), 36ECVN222. Available at: <https://esj.today/PDF/36ECVN222.pdf> (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- Federal Law No 296-FZ of 02 July 2021 On Greenhouse Gases Emission Reduction. [Electronic resource]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- Executive Order of the Government of the Russian Federation No 3052-r of 29 October 2021 On Approval of the Strategy for the Low Greenhouse Gas Emissions Socio-Economic Development of the Russian Federation until 2050. [Electronic resource]. Available at: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- Bashmakov I.A., Skobelev D.O., Borisov K.B. & Guseva T.V. Benchmarking systems for greenhouse gases specific emissions in steel industry. *Черная металлургия. Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*, 2021, (77), pp.1071-1086. (In Russ.).
- National Inventory of not Controlled by the Montreal Protocol Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions from Sources and Absorption by Greenhouse Gas. [Electronic resource]. Available at: <http://www.igce.ru/performance/publishing/reports/> (accessed 15.08.2022). (In Russ).
- GOST R 113.00.11-2022 Best Available Techniques. The Benchmarking of Specific Greenhouse Gas Emissions in Industries. (In Russ).
- Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the Establishment of a Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) COM (2021) 564 final 2021/0214(COD). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0564> (accessed 15.08.2022).
- Standard EN 19694-2 Stationary source emissions – Greenhouse Gas (GHG) emissions in energyintensive industries. Part 2: Iron and steel industry.
- Reimink H. & Maciel F. CO₂ Data Collection User Guide, version 10. WSA. Review 2021. Available at: <https://www.readkong.com/page/co2-data-collection-user-guide-version-10-review-2021-6519079> (accessed 15.08.2022).
- Partnership for Market Readiness. A Guide to Greenhouse Gas Benchmarking for Climate Policy Instruments. World Bank, Washington, DC. 2017. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26848> (accessed 15.08.2022).
- Corporate GHG Inventorying and Target Setting. Self-Assessment: V1.0. 2020. EPA, Washington, DC. Available at: <https://www.epa.gov/climate-leadership/corporate-ghg-inventorying-and-target-setting-self-assessment> (accessed 15.08.2022).
- Tudor C. & Sova R. Benchmarking GHG Emissions: Forecasting Models for Global Climate Policy. *Electronics*. 2021, (10), 3149.

For citation

Dobrokhotova M.V. Specific features of the Russian coal industry's transition to the best available technologies. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 34-40. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-34-40.

Paper info

Received July 10, 2022

Reviewed July 28, 2022

Accepted August 25, 2022

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

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

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

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

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



ПЕТРОВ И.В.

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



УТКИН И.И.

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



ДЖАЙЯНТ В.Б.

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

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

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

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

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

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

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

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

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

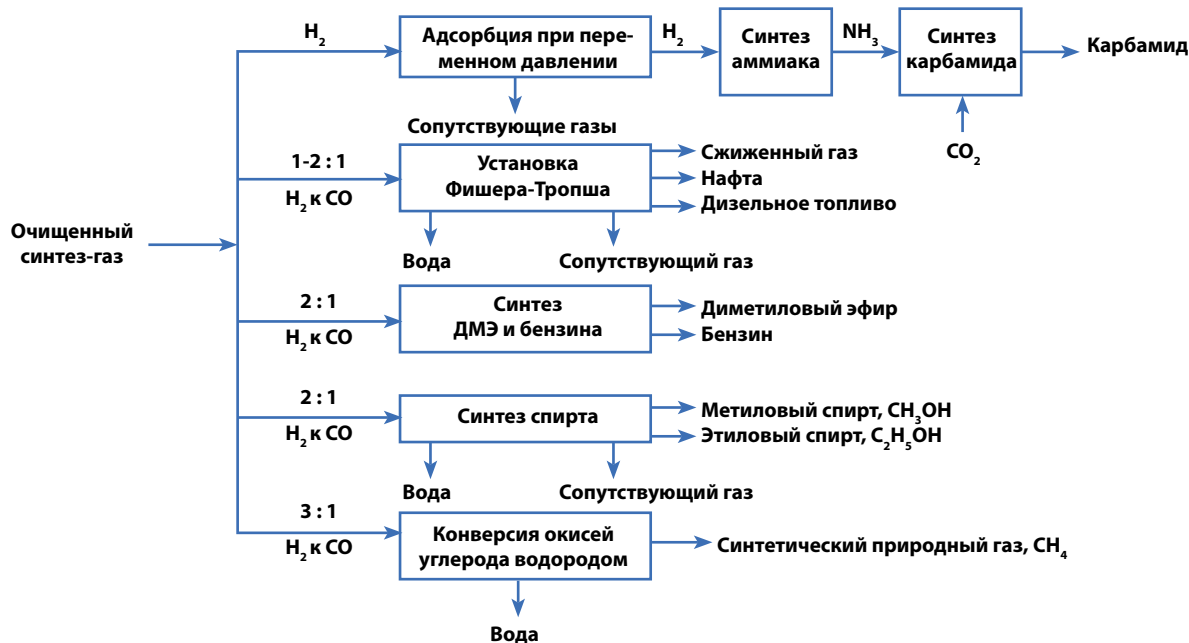
ОПЫТ И НАПРАВЛЕНИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

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

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

Список литературы

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

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

Original Paper

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

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

Authors

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

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

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

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

⁴Kaveri Naptol LLC, Mumbai, 400 018, India

Authors Information

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

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

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

Abstract

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

Keywords

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

References

- Mingeo Siberia – 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://2022.mingeoforum.ru/programma/novosti-i-anonsy/yubilejnyj-xv-gorno-geologicheskij-forum-mingeo-sibir> (accessed 15.08.2022). (In Russ.).
- Plakitkin Yu.A. & Plakitkina L.S. Paris Agreement on Climate Change as a driver to accelerate energy transition: measures to adapt the coal sector to new challenges. *Ugol'*, 2021, (10), pp. 19-23. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23.
- Mendelev D.I. The future force resting on the banks of the Donets River. *Severnny Vestnik*, 1888, (8-12). (In Russ.).
- Gorlov E.G. The state and prospects of integrated use of solid combustible minerals. Moscow, Publishing house: NTC "Track", 2011, 376 p. (In Russ.).
- Gorlov E.G. & Shumovsky A.V. Synthetic liquid fuels – new opportunities and prospects. *Neftegaz.RU*, 2019, (9). (In Russ.).
- ZION Market Research. [Electronic resource]. Available at: <https://www.zionmarketresearch.com/report/gasification-market> (accessed 15.08.2022).
- Forum "Gasification of India – 2021". [Electronic resource]. Available at: <https://gasification2021.missionenergy.org> (accessed 15.08.2022).
- Blinderman M.S., Klimenko A.Y. Underground Coal Gasification and Combustion. Woodhead Publishing, 2018.
- Nester Research. [Electronic resource]. Available at: <https://www.research-nester.com/reports/underground-coal-gasification-market/894> (accessed 15.08.2022).
- Krasniansky G.L., Kiyanitsa S.V. Creation of an energy technology complex in the Kemerovo region on the basis of the Karakansky-Zapadny section. *Khimiya v interesakh ustojchivogo razvitiya*, 2016, Vol. 24, (3), pp. 293-301. (In Russ.).
- Krasniansky G.L. Formation of energy coal clusters – an innovative stage of technological restructuring of the coal industry of the Russian Federation. *Ugol'*, 2011, (4), pp. 42-46. Available at: URL: <http://www.ugolino.ru/Free/042011/pdf> (accessed 15.08.2022). (In Russ.).
- V.V. Rzhovsky. Memoirs / Yu.G. Agafonov, G.V. Afanasenko, Yu.B. Borin et al. Moscow, Ed. House of NUST MISIS Publ., 2019, 288 p. (In Russ.).
- Zakorshmeny I.M., Kubrin S.S. & Yanchenko G.A. Calculation of indicators of the material balance of the coal burning process in underground conditions with a shortage of the necessary initial data. *Izvestia of higher educational institutions. Gornyy zhurnal*, 2018, (3), pp. 90-99. (In Russ.).
- Zakorshmeny I.M. & Karkashadze M.V. Parameters of the combined technology of underground gasification and coal combustion. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2006, (6), pp. 238-244. (In Russ.).
- Kreinin E.V., Sushentsova B.Yu. Method of carbon dioxide (CO₂) utilization from underground coal gasification gas (CCGT). Patent for invention RU 2513947 C2, 04/20/2014. Application No. 2012109067/03 dated 12.03.2012. (In Russ.).
- Kreinin E.V. Method for extracting rare metals from ash and slag masses of a spent underground gas generator Patent for invention RU 2443788 C1, 27.02.2012. Application No. 2010150506/02 dated 10.12.2010. (In Russ.).
- Kreinin E.V. & Tsyplukhin K.P. Method of hydrogen production during underground coal gasification. Patent for invention RU 2443857 C1, 02/27/2012. Application no. 2010135065/03 dated 24.08.2010. (In Russ.).
- Zorya A.Yu., Kreinin E.V., Lazarenko S.N. & Trizno S.K. Underground coal gasification gas is an alternative type of energy raw material. *Promyshlennaya energetika*, 2011, (5), pp. 57-59. (In Russ.).
- Fatkulin A.A., Belov A.V., Grebenyuk I.V. & Larionov M.V. Underground coal gasification as a promising geotechnology for the development of the coal industry. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2014, (S4-2), pp. 3-8. (In Russ.).
- Belov A.V. & Selivanova T.V. Analysis of the conditions for mining coal deposits of Primorsky Krai by underground gasification method for the formation of the raw material base of hydrogen energy. Vladivostok, 2021. (In Russ.).
- Nashional Energy Technology Laboratory. [Electronic resource]. Available at: <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasification-plant-databases> (accessed 15.08.2022).

ECONOMIC OF MINING

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

Acknowledgements

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

For citation

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

Paper info

Received July 11, 2022

Reviewed July 25, 2022

Accepted August 25, 2022

Оригинальная статья

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

Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности*

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

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

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

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

ВВЕДЕНИЕ

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

ЗОЗУЛЯ А.В.

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

ЗОЗУЛЯ П.В.

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

ТИТОВ С.А.

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

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

ТИТОВА Н.В.

Канд. экон. наук,
старший преподаватель
кафедры управления проектом
ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления»,
109542, г. Москва, Россия,
e-mail: titova5nv@mail.ru

МЕЗИНА Т.В.

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

ния. Так, по прогнозам, к середине XXI века в городах будут проживать 6,5 млрд чел. (67,7% от общего количества населения). Рост численности населения гарантирует и рост потребления электроэнергии и, как следствие, рост сжигания ископаемого топлива, в том числе и угля. При этом попытка отказа многих государств от сжигания ископаемого топлива, особенно от угля, не снижает его потребления в общемировой тенденции. Так, в большинстве стран Западной Европы приняты и реализуются решения по избавлению экономики от угольной зависимости и переходу к зеленой энергетике. При этом в странах Восточной Европы и на Балканах уровень угольной генерации достаточно высок и достигает 50%, а в ряде стран – 80%. В перспективе, по мнению экспертов, к 2030 г. доля угля в общем балансе источников энергии снизится на 5%.

По данным Международного энергетического агентства, после спада мировой экономики в 2020 г. и, как следствие, сокращения потребления угля вытеснение угля и других ископаемых видов топлива в 2021 г. обратилось вспять (рис. 1).

Произошло это в связи с увеличением доли вакцинированных, сокращением количества локдаунов и, как следствие, ростом экономики стран. По прогнозу Минэнерго, в 2022 г. в России ожидается добыча угля в объеме 450 млн т. Наибольший рост экономики, а следовательно, и потребление угля, наблюдаются в Китае, который старается не увеличивать долю используемого газа из-за его дороговизны на рынке [1].

Но, по мнению российских специалистов, в среднесрочной перспективе для угледобывающей промышленности России не все так однозначно. Минэкономразвития прогнозирует снижение добычи к 2023 г. до 387 млн т. Тенденция отказа от угля продолжится и в долгосрочной перспективе. Помочь выйти из сложившейся ситуации поможет цифровизация угольной промышленности.

Цифровизация, особенно стратегически важных отраслей экономики, во многих странах является государственным приоритетом. В России создана и реализуется программа «Цифровая экономика Российской Федерации», участникам которой предоставляются особые правовые, организационные и финансовые условия [2]. Угольная промышленность, на наш взгляд, не должна оставаться в стороне от современных процессов цифровизации.

Разумно используя современные информационные технологии, уже в ближайшее время можно решить ряд проблем, которые сейчас стоят перед отраслью:

- сокращение уровня отсталости от других отраслей в области применения современных цифровых технологий;
- повышение эффективности работы угольных предприятий за счет перехода на современные цифровые технологии и постепенный отказ от старых методов работы;
- повышение эффективности работы угольных предприятий за счет сбора, обработки, представления и использования информации;
- внедрение современных цифровых методов управления, объединяющих все этапы работы предприятия в единую цепочку, от добычи угля до доведения до конечного потребителя.

Очевидно, что цифровизация угольной промышленности – это не прихоть руководителя, а необходимость, продиктованная современной ситуацией на угольном рынке.

**МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Прежде чем говорить о цифровизации угольной промышленности, необходимо определиться с ее понятием. Несмотря на

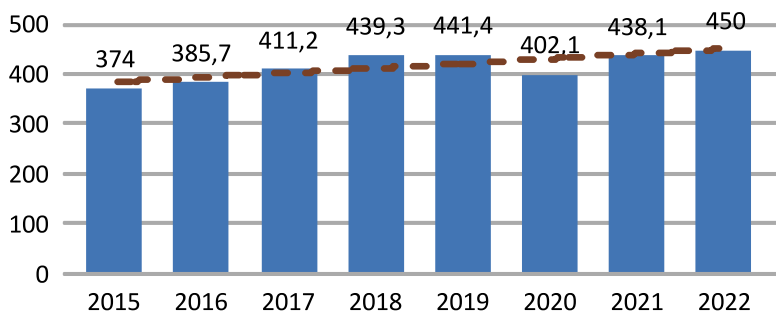


Рис. 1. Динамика добычи угля в России, млн т (по данным Минэнерго)

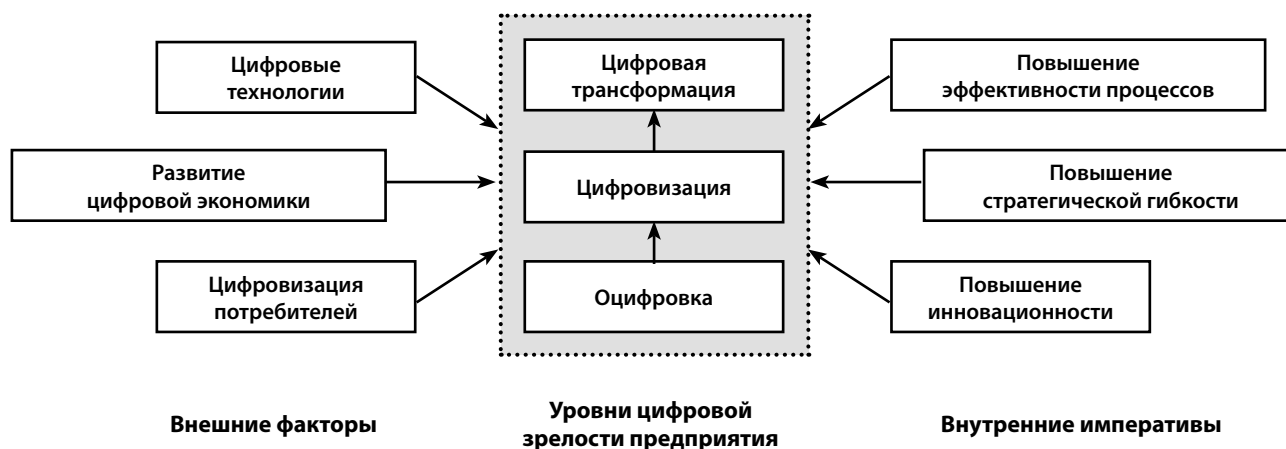


Рис. 2. Модель цифрового развития угольной промышленности

размытость определений, сегодня в мировой практике сложились определенные представления о цифровизации хозяйственной деятельности в целом. Венкатраман выделяет три тесно связанных друг с другом понятия, имеющих отношение к процессам освоения цифровых технологий современными предприятиями – оцифровку (digitization), непосредственно цифровизацию (digitalization) и цифровую трансформацию (digital transformation) [3]. Под оцифровкой понимается перевод аналоговой информации в цифровой формат, перевод информации с физических носителей на цифровые, отражение физических, материальных ресурсов в виде их цифровых моделей. Цифровизацией чаще всего называют комплексное освоение современных информационных технологий в целях оптимизации внутренних процессов, улучшения продуктов и услуг, создания новых ценностных предложений, улучшения внешнего взаимодействия компаний со своими партнерами, клиентами и другими заинтересованными сторонами [4]. Цифровая трансформация представляет собой системные организационные преобразования, реализуемые с целью масштабного освоения цифровых технологий и создания положительных стратегических эффектов от их использования на уровне предприятий, отраслей и государств [5]. Верхоф и др. полагают, что оцифровка, цифровизация и цифровая трансформация могут пониматься как три этапа в общем процессе освоения современных информационных технологий [6]. Такой взгляд допустим и применительно к угольной промышленности. Но целесообразно рассматривать оцифровку, цифровизацию и цифровую трансформацию не как этапы, а как уровни цифровой зрелости [7]. Модели цифровой зрелости предполагают, что предприятия и отрасли могут проходить через уровни зрелости не обязательно поступательно и не обязательно равномерно, в определенных аспектах выходя на более высокие уровни, а в чем-то запаздывая или даже откатываясь назад.

На рис. 2 представлена доработанная модель цифровизации, учитывающая вышесказанные дополнения, а также факторы, стимулирующие повышение цифровой зрелости угольной промышленности.

Цифровизация угольной промышленности осуществляется под влиянием как внешних, так и внутренних факторов. К внешним следует отнести цифровые технологии, стратегические цели Российской Федерации в области цифровой экономики, повышение уровня цифровизации потребителей продукции угольных предприятий. К внутренним факторам можно отнести императивы по повышению эффективности внутренних процессов, улучшению стратегической гибкости и инновационности предприятий угольной промышленности [8].

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проецируя сформулированные выше представления о цифровом развитии на угольную промышленность, можно сформулировать, что под цифровизацией угольной промышленности необходимо понимать комплексное использование современных информационных технологий, включающих в себя: применение дистанционного управления для оборудования и техники, высокоточную спутниковую навигацию применяемой техники, трехмерное моделирование, создание цифровых двойников, сбор и цифровую обработку исходной информации, планирование распределения ресурсов, обеспечение укрупненного планирования, отслеживание состояния здоровья работников, и все это посредством применения удаленной автоматизированной диспетчерской, функционирующей на основе нейросети, позволяющей в автономном режиме принимать, обрабатывать и выдавать пользователю информацию, поступающую от различных источников. Современное угольное предприятие должно обеспечивать интеграцию автоматизированных промышленных систем и бизнес-процессов посредством единой автоматизированной системы управления. Подобная цифровая система обеспечит функционирование угольного предприятия, выполнение функций управления, планирования, исполнения и контроля деятельности как отдельной организации, так и отрасли в целом. Локомотивами, которые вытянут данный процесс и на

основании которых необходимо осуществлять цифровую трансформацию отрасли, являются: повышение производительности аппаратного обеспечения, развитие робототехники, применение новых цифровых управленческих технологий, технологий искусственного интеллекта, самообучающихся нейросетей, а также совершенствование подходов к организации процесса добычи и переработки угля. Начинать цифровую трансформацию можно с оцифровки отдельных, наиболее важных, элементов и внедрения отдельных автоматизированных технологий, переходя постепенно к созданию полного цифрового двойника организации и отрасли. Так, например, применение современных цифровых технологий открывает новые возможности для геологической разведки, существенно снижает стоимость добычи и длительность производственных процессов угольной промышленности, а также приводит к значительному повышению производительности труда и повышению эффективности использования инвестиций. Применение повсеместно используемых уже сейчас систем видеонаблюдения и видеоаналитики позволяет повысить уровень безопасности на предприятиях, обеспечивает сбор базы видеофрагментов опасных ситуаций для обучения персонала и системы управления. Применение 3D-моделирования позволяет облегчить проведение геологической разведки, смоделировать работу угольного месторождения, в том числе, планировать выработку запасов, определять эффективные пути достижения поставленных целей. Применение спутников позволяет проводить дистанционное зондирование Земли при геологической разведке, а также осуществлять дистанционное позиционирование автоматизированных машин и дронов.

По оценке экспертов, угольная промышленность уже сегодня вкладывает усилия в повышение эффективности своей деятельности. Но она отстает в тех областях, которые традиционно не были в центре ее внимания: методы сокращения выбросов, инвестирование в развитие передовых технологий и цифровизацию. Сегодня использование современных цифровых технологий становится важным отличительным признаком целых отраслей и ведущих мировых компаний. Однако уровень технологической зрелости угольных компаний, в том числе и Российских, все еще относительно невысок и, как уже говорилось выше, отрасль движется относительно медленно по пути цифровизации, что обусловлено целым рядом факторов: неумение пользоваться преимуществами цифровизации процессов; необходимость значительных инвестиций, связанных с низким уровнем автоматизации и устареванием оборудования; ограниченность доступа к инновациям в связи с переходом развитых стран на рельсы зеленой энергетики и вводимыми санкциями; низкое качество и слабая доступность информации, связанные с низким уровнем информатизации отрасли; отсутствие компетенций в области перехода на цифровые системы управления.

Являясь одной из значимых отраслей экономики страны, угольная промышленность сегодня находится на важном этапе своего развития. Правильное и

своевременное использование цифровых технологий может открыть новые пути повышения эффективности управления производством и производительности. Поэтому для того, чтобы не отстать от требований современной экономики, наряду с уже существующими сегодня современными цифровыми технологиями отрасль должна переходить к цифровой трансформации. По мнению авторов, основными направлениями цифровой трансформации угольной промышленности должны являться:

Совершенствование человеко-машинной системы. До сих пор при открытом способе добычи угля людям приходится работать в условиях пыли, шума, вибрации и др. Поэтому цифровизация в данном направлении должна обеспечиваться за счет применения безлюдных технологий за счет максимально полной автоматизации и роботизации горных машин, с возможностью самостоятельного принятия ими решений в определенных ситуациях. В зависимости от доступного уровня технологий автоматизация человеческого управления может быть двух видов: дистанционное (управление машинами и механизмами оператором, находящимся на безопасном расстоянии) и комбинированное (рутинные операции выполняются автоматически, а при необходимости оператор может перевести управление на себя) [9]. В угольной промышленности применение дистанционно и комбинированно управляемого оборудования уже сегодня стало повсеместным. Так, основным направлением совершенствования человеко-машинной системы на начальном этапе должна являться установка считывающих датчиков на основные узлы средств производства и диагностики для оперативного оповещения оператора о показателях эффективности работы оборудования.

Развитие цифрофизического или автономного управления. Достижение цифрофизического управления машинами и механизмами невозможно без развития нейросетей. Достижения в области нейросетей, автоматизации, робототехники и других сферах, дают возможность делать добычу угля более эффективной за счет повышения уровня интеллекта горных машин и удаления из системы слабого звена – человека. В угольной промышленности автономное оборудование укореняется в транспортировке, добыче и других процессах. Для таких процессов характерен большой поток информации, работать с которой затруднительно без разработки самообучающейся системы управления на основе нейросети, которая должна обработать информацию и принять на основе полученных данных оптимальное решение, обеспечивающее максимальную эффективность работы машин и оборудования. Вариант с применением полного автономного управления сегодня может применяться в местах, где нахождение человека нежелательно, например в крайне тяжелом климате или под водой.

Совершенствование процесса сбора данных и обеспечения связей между различными системами. Технологии уже сегодня позволяют применять датчики контроля физических объектов, позволяющие принимать и обрабатывать большой объем информации и обеспечивать

связи между различными типами техники, оборудования и работниками предприятия, а при возникновении нарушений в работе автоматизированная система управления передаст информацию в доступном для пользователя виде. При этом системы управления, работающие на основе нейросетей, могут быть самообучающимися и при накоплении статистических данных и опыта предлагать различные варианты решения тех или иных проблем, возникающих при добыче угля, а также при его переработке, транспортировке, реализации и др. Сбор данных и связь между различными системами должны проходить за счет установки считывающих датчиков, датчиков оповещения и интеграции их в единую сеть, позволяющую контролировать и управлять работами по разведке, добыче, переработке и продвижению угля до конечного потребителя [10, 11].

Совершенствование процесса аналитики и обработки информации. Развитие систем управления на основе нейросетей, позволяющих принимать, структурировать, анализировать и сохранять цифровую информацию, делает возможным обработку огромных массивов данных и представлять вероятностный прогноз наступления тех или иных будущих событий. При этом сегодня в отрасли используют преимущественно фрагментарный подход к управлению и планированию развития, не увязывая все звенья цепи в единое целое. Для исправления ситуации необходимо внедрить единую систему управления на основе: комплексной системы, включающей в себя модель, созданную на основе цифровых двойников, позволяющую вывести планирование, геологическую разведку, добычу угля, транспортировку и доведение его до потребителя на новый уровень за счет их включения в единый цифровой алгоритм; проектного подхода к управлению и планированию деятельности предприятия на основе создания кросс-функциональных команд, обладающих компетенциями в значимых для угольной отрасли областях; сценарного подхода к управлению и планированию, целью которого является повышение эффективности работы организации [12]. Для эффективной работы процесса аналитики и обработки информации необходимо применение интегрированных в единую систему баз данных, обеспечивающих процесс планирования и аналитики на основе работы с большими потоками информации.

Представленные направления цифровой трансформации угольной промышленности дают общее представление о возможностях применения современных технологий. К основным элементам применения цифровых методов управления могут относиться системы: контроля загрузки топлива, контроля усталости водителей, контроля давления в шинах, позиционирования и навигации персонала и техники, диагностики, предотвращения столкновений, диспетчеризации горных работ, прогнозной аналитики для управления предприятием и отраслью, охраны окружающей среды и др.

Применение цифровых технологий в угольной промышленности позволит, по мнению экспертов, снизить затраты на обслуживание машин и механизмов до 40%,

потребление энергии – до 40%, капиталовложения – до 25%; увеличить производительность оборудования на треть и др. Перечисленные примеры эффектов указывают на достаточно высокое снижение затрат по многим показателям работы предприятий угольной промышленности, что может говорить о эффективности предлагаемых цифровых технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение цифровых технологий в угольной промышленности обеспечит повышение уровня безопасности труда работающих и при этом сохранит окружающую среду в районах функционирования угольных предприятий. Достаточный уровень применения передовых технологий продемонстрирует как гражданам, так и будущим инвесторам желание отрасли идти в ногу со временем, ориентироваться в своем развитии на сохранение окружающей среды и безопасность, что позволит постепенно нивелировать бытующее в народе негативное отношение к угольной промышленности, мнение о его низкой эффективности, травмоопасности и других негативных воздействиях. Цифровизация обеспечит повышение эффективности и привлечет молодых, образованных, креативных специалистов, готовых работать на благо отрасли.

Список литературы

1. Лялин А.М., Зозуля А.В., Еремина Т.Н., Зозуля П.В. Современные тенденции развития угольной промышленности с учетом влияния пандемии // Уголь. 2021. № 5. С. 62-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли / Д.В. Лютягин, В.П. Яшин, Ю.В. Забайкин и др. // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 7А.
3. Venkatraman V. The Digital Matrix: New Rules for Business Transformation Through Technology // *Escritos Contables y de Administración*. 2017. 8.
4. How smart cities transform operations models: a new research agenda for operations management in the digital economy / F. Li, A. Nucciarelli, S. Roden et al. // *Production Planning & Control*. 2016. 27.
5. A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change / A. Hanelt, R. Bohnsack, D. Marz et al. // *Journal of Management Studies*. 2021. 58(5).
6. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda / P.C. Verhoef, T. Broekhuizen, Y. Bart et al. // *Journal of Business Research*. 2021. 122.
7. Ifenthaler D., Egloffstein M. Development and implementation of a maturity model of digital transformation // *TechTrends*. 2020. 64.
8. Астафьева О.Е. Закономерности устойчивого развития промышленности в рамках цифровой экосистемы // Уголь. 2022. № 1. С. 8-10. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-8-10.
9. Зиновьев В.В., Кузнецов И.С., Стародубов А.Н. Исследование человеко-машинного управления автосамосвалами в составе

- экскаваторно-автомобильного комплекса с применением имитационного моделирования // Уголь. 2021. № 7. С. 9-12. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-9-12.
10. Плакиткин Ю.А., Платкикина Л.С. Программы «Индустрия-4.0» и «Цифровая экономика Российской Федерации» – возможности и перспективы в угольной промышленности // Горная промышленность. 2018. № 1.

11. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Цифровизация экономики угольной промышленности России – от «Индустрии-4.0» до «Общества 5.0» // Горная промышленность. 2018. № 4.
12. Возможности применения концепции бережливого производства в компаниях угольной промышленности / И.С. Брикошина, А.Г. Геокчакян, М.Н. Гусева и др. // Уголь. 2021. № 4. С. 28-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-28-31.

Original Paper

UDC 658.155:622.33.013 © A.V. Zozulya, P.V. Zozulya, S.A. Titov, N.V. Titova, T.V. Mezina, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 47-52
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-47-52>

Title

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION PROCESSES OF THE COAL INDUSTRY

Authors

Zozulya A.V.¹, Zozulya P.V.¹, Titov S.A.², Titova N.V.¹, Mezina T.V.¹

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

² Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation

Authors Information

Zozulya A.V., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Project management Department, e-mail: zozula2004@mail.ru

Zozulya P.V., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Project management Department, e-mail: docent2002@mail.ru

Titov S.A., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Management and innovation Department, e-mail: satitov@fa.ru

Titova N.V., PhD (Economic), Senior Lecturer of Project management Department, e-mail: titova5nv@mail.ru

Mezina T.V., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Project management Department, e-mail: tv_mezina@guu.ru

Annotation

The article investigates the issues of digital technology implementation for the production processes improvements in the coal mining industry. Modern digital technologies applicable in the coal mining industry include three-dimensional modeling, digital twins, remote automated dispatching and remote equipment control and maintenance, video surveillance and video analytics, geological exploration, and real-time modeling of operations of entire coal deposits. The authors find that the use of digital technologies, such as artificial intelligence and other, can potentially increase the efficiency of coal mining enterprises, reduce the negative impact on the environment, and improve the safety of personnel.

Keywords

Automation, Neural network, Coal industry, Digital transformation, Digitalization, efficiency.

References

1. Lyalin A.M., Zozulya A.V., Eremina T.N. & Zozulya P.V. Current trends in the development of the coal industry, taking into account the impact of the pandemic. *Ugol'*, 2021, (5), pp. 62-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Lyutyagin D.V., Yashin V.P., Zabaykin Yu.V. & Yakunin M.A. Specific features and trends in digital transformation of the Russian mining industry. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*, 2019, Vol. 9, (7A). (In Russ.).
3. Venkatraman V. The Digital Matrix: New Rules for Business Transformation Through Technology. *Escritos Contables y de Administración*, 2017, (8).
4. Li F., Nucciarelli A., Roden S. & Graham G. How smart cities transform operations models: a new research agenda for operations management in the digital economy. *Production Planning & Control*, 2016, (27).

5. Hanel A., Bohnsack R., Marz D. & Antunes Marante C. A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change. *Journal of Management Studies*, 2021, (58).
6. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Qi Dong J., Fabian N. & Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 2021, 122.
7. Ifenthaler D. & Egloffstein M. Development and implementation of a maturity model of digital transformation. *TechTrends*, 2020, (64).
8. Astafyeva O.E. Patterns of sustainable development of the coal industry within the digital ecosystem. *Ugol'*, 2022, (1), pp. 8-10. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-8-10.
9. Zinoviev V.V., Kuznetsov I.S. & Starodubov A.N. Studies into man-machine control of dump trucks as part of excavator-and-truck complex using simulation modeling. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 9-12. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-9-12.
10. Plakitkin Yu.A. & Plakitkina L.S. 'Industry 4.0' and 'Digital Economy of the Russian Federation' programs: opportunities and prospects for the coal industry. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, (1). (In Russ.).
11. Plakitkin Yu.A. & Plakitkina L.S. Digitalization of Russian Coal Industry Economy: from 'Industry 4.0' to 'Society 5.0'. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, (4). (In Russ.).
12. Brikoshina I.S., Geokchakyan A.G., Guseva M.N., Malyshekin N.G. & Sycheva S.M. Opportunities for applying the concept of lean management in coal industry companies. *Ugol'*, 2021, (4), pp. 28-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-28-31.

Acknowledgements

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

For citation

Zozulya A.V., Zozulya P.V., Titov S.A., Titova N.V. & Mezina T.V. The effectiveness of the use of digital technologies in the production processes of the coal industry. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 47-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.

Paper info

Received April 20, 2022

Reviewed July 20, 2022

Accepted August 25, 2022

Моделирование влияния потребления различных видов энергоресурсов на экономическое развитие страны

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-53-55>

Статья посвящена статистическому моделированию взаимосвязи между потреблением основных видов топливно-энергетических ресурсов и состоянием экономики. Гипотеза исследования состоит в том, что от того, какой вид энергоресурсов доминирует в стране, зависит степень развития экономики. Индикатором состояния экономики выбран валовой внутренний продукт на душу населения. Главным методом исследования стало моделирование панельных данных. Исследование базируется на статистической информации по 95 странам за 10 лет. В результате проведенного исследования сделан вывод, что на экономическую ситуацию в стране оказывает положительное влияние потребление нефти и нефтепродуктов. Остальные виды энергоресурсов (уголь, природный газ) не оказывают статистически значимого влияния.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, панельные данные, панельная регрессия, валовой внутренний продукт.

Для цитирования: Моделирование влияния потребления различных видов энергоресурсов на экономическое развитие страны / Н.П. Перстенёва, Ю.А. Токарев, О.А. Горбунова и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 53-55. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-53-55.

ВВЕДЕНИЕ

Потребление энергоресурсов и экономическое развитие страны находятся в тесной взаимосвязи, причем это влияние носит двойственный характер. На этот дуализм обратили внимание Л.М. Григорьев и А.А. Курдин: «Развитие энергетических технологий в значительной мере определяет темпы экономического роста и его отраслевую структуру в долгосрочном периоде, оказывая влияние на величину абсолютных и относительных издержек производства в стране, а также на границу производственных возможностей национальной экономики. В то же время экономический рост является важным фактором динамики спроса на энергоносители» [1, с. 390].

Чем выше доходы населения страны, тем больше растет потребление. Так, при увеличении спроса на товары требуется большее количество производственных мощностей, транспортных средств, топлива. Ключевая характеристика данной производственно-потребительской цепи имеет важную черту – чем она длиннее, тем больше требуется энергии для каждого из ее этапов. То же самое касается строительства и обслуживания зданий и сооружений. Увеличение сектора услуг также влечет за собой рост потребления энергоресурсов. В конце концов, экономически более развитые регионы привлекают к себе миграционные потоки, что увеличивает потребление различных типов энергии.

Данная научная тематика становится актуальной среди исследователей. Мы отметим как теоретико-методологические работы [2], так и эмпирические исследования, которые можно разделить на три блока. В первом блоке представлены работы, авторы которых изучают взаимосвязь состояния энергетического

ПЕРСТЕНЁВА Н.П.

Канд. экон. наук, доцент кафедры статистики и эконометрики ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», 443090, г. Самара, Россия, e-mail: persteneva_np@mail.ru

ТОКАРЕВ Ю.А.

Канд. экон. наук, доцент кафедры статистики и эконометрики ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», 443090, г. Самара, Россия, e-mail: tokarev_ya@mail.ru

ГОРБУНОВА О.А.

Канд. экон. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой национальной и мировой экономики ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, г. Самара, Россия, e-mail: genuka76@mail.ru

КРАВЧЕНКО О.В.

Канд. экон. наук, доцент кафедры национальной и мировой экономики ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, г. Самара, Россия, e-mail: zav06@mail.ru

сектора и экономического роста страны [3, 4, 5]; во втором блоке – работы, посвященные потреблению отдельных видов энергоресурсов [6, 7, 8, 9, 10]; третий блок включает исследования более узких вопросов – влияние нефтяных цен на внешнюю торговлю [11], зависимость здоровья населения от развития угольной промышленности [12] и т.д.

Цель данного исследования – моделирование зависимости ВВП от потребления основных видов энергоресурсов. Метод исследования – панельная регрессия.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

В нашем исследовании в целях выявления зависимости экономического развития государств от уровня потребления источников топлива были исследованы панельные данные по 95 странам за период с 2010 по 2019 г. Экономическое благополучие было выражено таким показателем, как валовой внутренний продукт. Для обеспечения сопоставимости все показатели приводятся в расчете на душу населения.

При построении моделей использовались следующие переменные:

- «GDP» (зависимая переменная) – ВВП на душу населения, дол. США;
- «petroleum» (регрессор) – потребление нефти и нефтепродуктов (сырая нефть, бензин, топочный мазут, дизельное топливо, пропан и другие жидкости, включая биотопливо и сжиженный природный газ), млрд баррелей на человека в год;
- «gas» (регрессор) – потребление природного газа, млрд м³ на человека в год;
- «coal» (регрессор) – потребление угля, млн американских тонн на человека в год.

В результате проведенного анализа была выбрана модель с фиксированными эффектами. Такая модель предполагает, что каждая страна уникальна и не может рассматриваться как результат случайного выбора из некоторой генеральной совокупности.

Тест на наличие общих констант в группах показал, что нулевая гипотеза отвергается. Это свидетельствует о том, что модель с фиксированными эффектами лучше, чем модель, которая их не учитывает. Таким образом, можно сделать вывод, что экономическое развитие страны зависит не столько от того, в каком объеме потребляются энергоресурсы, сколько от особенностей государства как такового.

Коэффициенты при переменных «gas» и «coal» незначимы. Это показывает, что потребление угля и газа не оказывает существенного эффекта на экономическое развитие страны.

В свою очередь, коэффициент при переменной «petroleum» значим, то есть потребление нефти и нефтепродуктов оказывает положительное влияние на экономическую ситуацию в стране.

Результаты моделирования приведены в *таблице*.

Все коэффициенты при фиктивных переменных для временных периодов значимы, за исключением тех из них, что соответствуют 2015 и 2016 годам («dt_6» и «dt_7»).

Регрессия с фиксированными эффектами

Переменная	Оценка коэффициента	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
Константа	8,760	0,076	115,500	<0,0001
petroleum	27587,300	6870,480	4,015	0,0001
gas	1247,750	761,782	1,638	0,105
coal	48,696	34,779	1,400	0,165
dt_2	0,101	0,016	6,254	<0,0001
dt_3	0,111	0,021	5,346	<0,0001
dt_4	0,149	0,028	5,298	<0,0001
dt_5	0,168	0,027	6,109	<0,0001
dt_6	0,055	0,032	1,724	0,088
dt_7	0,043	0,035	1,202	0,232
dt_8	0,097	0,034	2,829	0,006
dt_9	0,154	0,036	4,321	<0,0001
dt_10	0,172	0,036	4,731	<0,0001
LSDV				
R-squared		0,989		
Параметр rho		0,630		

Это объясняется тем, что в 2015-2016 гг. произошло резкое изменение на мировом рынке энергоресурсов – на фоне ценовых войн между ОПЕК и производителями сланцевой нефти, вызвавших сильную нестабильность на нефтяном рынке, газовики воспользовались ситуацией и нарастили предложение. В таких экономических условиях потребители отдали предпочтение газу по сравнению с прочими видами энергоресурсов, однако в дальнейшем структура потребления вернулась к прежнему состоянию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понимание причинно-следственной связи между потреблением энергоресурсов и экономическим ростом обеспечивает основу для разработки и реализации экологической и энергетической политики конкретной страны. В той или иной стране есть доминирующий вид энергоресурсов (например, в таких крупнейших государствах, как Китай и США, самый распространенный ископаемый вид топлива – уголь), однако основной вклад в экономическое благополучие страны вносит потребление нефти и нефтепродуктов.

Список литературы

1. Григорьев Л.М., Курдин А.А. Экономический рост и спрос на энергию // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2013. Т. 17. № 3. С. 390-406.
2. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики / Ю.Д. Кононов, Е.В. Гальперова, Д.Ю. Кононов и др. // Новосибирск: Наука, 2009. 178 с.
3. Богачкова Л.Ю. Повышение энергетической эффективности как драйвер глобальной конкурентоспособности национальной экономики // Экономика и управление: теория и практика. 2018. Т. 4 № 1. С. 22-31.
4. Пиримбаев Ж.Ж., Раваноглу Г.А., Сулайманова Б. Влияние энергетики на экономический рост: оценка модели ARDL для экономики Кыргызстана // Реформа. 2020. № 3. С. 48-63.
5. Dynamic impacts of energy consumption on economic growth in China: Evidence from a non-parametric panel data model / X. Ren, Z. Tong, X. Sun et al. // Energy Economics, 2022. Vol. 107. 105855. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105855> (дата обращения: 15.08.2022).

6. Al-Mulali U. The Impact of Biofuel Energy Consumption on GDP Growth, CO₂ Emission, Agricultural Crop Prices, and Agricultural Production // *International Journal of Green Energy*. 2015. Vol. 12. Is. 11. P. 1100-1106. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15435075.2014.892878> (дата обращения: 15.08.2022)
7. Işık C. Natural gas consumption and economic growth in Turkey: a bound test approach // *Energy Syst*. 2010. No 1. P. 441–456. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1007/s12667-010-0018-1> (дата обращения: 15.08.2022).
8. Naser H. Analysing the long-run relationship among oil market, nuclear energy consumption, and economic growth: An evidence from emerging economies // *Energy*. 2015. Vol. 89. P. 421–434 [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.115> (дата обращения: 15.08.2022).
9. Another outlook to sector-level energy consumption in Pakistan from dominant energy sources and correlation with economic growth / A. Rehman, H. Ma, I. Ozturk et al. // *Environ Sci. Pollut. Res*. 2021. No. 28. P. 33735–33750. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09245-7> (дата обращения: 15.08.2022).
10. Tamba J.G., Nsouandélé J.L., Lélé A.F. Gasoline consumption and economic growth: Evidence from Cameroon // *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 2017. No 12. P. 1007-1014. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scrip.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2741100> (дата обращения: 15.08.2022).
11. Persteneva N.P., Zaychikova N.A. Analyzing Oil Prices Impact on Russian Foreign Trade // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. Vol. 160. P. 702-707.
12. Шутько Л.Г., Самородова Л.Л. Влияние угледобывающей промышленности Кузбасса на здоровье населения региона // *Уголь*. 2021. № 9. С. 46-50. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-46-50.

Original Paper

UDC 658.012.12:622.3.013 © N.P. Persteneva, Yu.A. Tokarev, O.A. Gorbunova, O.V. Kravchenko, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 53-55
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-53-55>

Title

MODELING OF INFLUENCE OF DIFFERENT ENERGY RESOURCES CONSUMPTION ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE COUNTRY

Authors

Persteneva N.P.¹, Tokarev Yu.A.¹, Gorbunova O.A.², Kravchenko O.V.²

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

² Samara State Technical University, Samara, 443100, Russian Federation

Authors Information

Persteneva N.P., PhD (Economic), Associate Professor Department of Statistics and Econometrics, e-mail: persteneva_np@mail.ru

Tokarev Yu.A., PhD (Economic), Associate Professor Department of Statistics and Econometrics, e-mail: tokarev_ya@mail.ru

Gorbunova O.A., PhD (Economic), Associate Professor, Head of the Department of National and World Economy, e-mail: genuka76@mail.ru

Kravchenko O.V., PhD (Economic), Associate Professor Department of National and World Economy, e-mail: zav06@mail.ru

Abstract

The article is devoted to statistical modeling of the relationship between the consumption of the main types of fuel and energy resources and the state of the economy. The hypothesis of the study is that the degree of economic development depends on which type of energy resources dominates the country. Gross domestic product per capita is chosen as an indicator of the state of the economy. Panel data modeling became the main research method. The study is based on statistical information for 95 countries over 10 years. As a result of the conducted research, it was concluded that the consumption of oil and petroleum products has a positive impact on the economic situation in the country. Other types of energy resources (coal, natural gas) do not have a statistically significant impact.

Keywords

Fuel and energy resources, Panel data, Panel regression, Gross domestic product.

References

1. Grigoriev L.M. & Kurdin A.A. Economic growth and energy demand. *Economicheskij zhurnal vysshej shkoly ekonomiki*, 2013, Vol. 17, (3), pp. 390–406. (In Russ.)
2. Kononov Yu.D., Galperova E.V., Kononov D.Yu. et al. Methods and models of predictive studies of the interrelations of energy and economics. *Novosibirsk, Nauka Publ.*, 2009, 178 p. (In Russ.)
3. Bogachkova L.Yu. Increasing energy efficiency as a driver of the global competitiveness of the national economy. *Ekonomika i upravlenie: teoriya i praktika*, 2018, Vol. 4, (1), pp. 22–31. (In Russ.)
4. Pirimbaev Zh.Zh., Ravanoglu G.A. & Sulaimanova B. Impact of energy on economic growth: assessment of the ARDL model for the economy of Kyrgyzstan. *Reforma*, 2020, (3), pp. 48–63. (In Russ.)
5. Ren X., Tong Z., Sun X. et al. Dynamic impacts of energy consumption on economic growth in China: Evidence from a non-parametric panel data mod-

el. *Energy Economics*, 2022, (107), 105855. [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105855> (accessed 15.08.2022)

6. Al-Mulali U. The Impact of Biofuel Energy Consumption on GDP Growth, CO₂ Emission, Agricultural Crop Prices, and Agricultural Production. *International Journal of Green Energy*, 2015, Vol. 12, (11), pp. 1100–1106. [Electronic resource]. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15435075.2014.892878> (accessed 15.08.2022)

7. Işık C. Natural gas consumption and economic growth in Turkey: a bound test approach. *Energy Syst*, 2010, (1), pp. 441–456. [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12667-010-0018-1> (accessed 15.08.2022).

8. Naser H. Analysing the long-run relationship among oil market, nuclear energy consumption, and economic growth: An evidence from emerging economies. *Energy*, 2015, (89), pp. 421–434. [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.115> (accessed 15.08.2022).

9. Rehman A., Ma H., Ozturk I. et al. Another outlook to sector-level energy consumption in Pakistan from dominant energy sources and correlation with economic growth. *Environ Sci. Pollut. Res.*, 2021, (28), pp. 33735–33750. [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09245-7> (accessed 15.08.2022).

10. Tamba J.G., Nsouandélé J.L., Lélé A.F. Gasoline consumption and economic growth: Evidence from Cameroon. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2017, (12), pp. 1007–1014. [Electronic resource]. Available at: <https://www.scrip.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2741100> (accessed 15.08.2022).

11. Persteneva N.P. & Zaychikova N.A. Analyzing Oil Prices Impact on Russian Foreign Trade. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2021, (160), pp. 702–707.

12. Shutko L.G. & Samorodova L.L. The impact of the coal mining industry in Kuzbass on the health of the region's population. *Ugol'*, 2021, (9), pp. 46–50. (In Russ.) DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-46-50.

For citation

Persteneva N.P., Tokarev Yu.A., Gorbunova O.A. & Kravchenko O.V. Modeling of influence of different energy resources consumption on the economic development of the country. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 53–55. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-53-55.

Paper info

Received August 10, 2022

Reviewed August 15, 2022

Accepted August 25, 2022

ECONOMIC OF MINING

Совершенствование технологии анкерного крепления приконтурного массива при проведении горных выработок на угольных шахтах

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-56-60>

ДЕМИН В.Ф.

Доктор техн. наук,
профессор КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: vladfdemin@mail.ru

АЛИЕВ С.Б.

Академик НАН РК,
доктор техн. наук, профессор,
старший научный сотрудник ИПКОН РАН,
111020, г. Москва, Россия,
e-mail: alsamat@gmail.com

ЮСУПОВ Х.А.

Член-кор. НАН РК,
доктор техн. наук,
профессор КазНИТУ им. К. Сатпаева,
050046, г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: k.yussupov@satbayev.university

ДОЛГОНОСОВ В.Н.

Доктор техн. наук,
профессор КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: vnd070765@mail.ru

ПОРТНОВ В.С.

Доктор техн. наук,
профессор КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: vs_portnov@mail.ru

ОЖИГИН С.Г.

Доктор техн. наук,
профессор КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: osgb2@mail.ru

При поддержании выработок в процессе эксплуатации проводятся работы по устранению последствий пучения пород почвы, возникающего при пластических деформациях с выдавливанием пород почвы в полость выработки под действием контурного горного давления.

Выявленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния углепородных массивов (смещений, напряжений, зон трещинообразования) в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических факторов позволили установить оптимальные параметры крепления пород почвы и разработать технологические схемы крепления, позволяющие значительно уменьшить проявления пучения пород почвы горных выработок. Разработана и апробирована на шахтах Карагандинского угольного бассейна технология анкерного крепления приконтурных пород при проведении горных выработок на пологих и наклонных угольных пластах.

Ключевые слова: подземные горные выработки, напряжения, деформации, параметры крепления, геомеханические процессы, анкерная крепь, технологические схемы крепления, устойчивость породных обнажений, пучение почвы выработки, горнотехнические факторы, углепородный массив, контур горной выработки, конвергенция.

Для цитирования: Совершенствование технологии анкерного крепления приконтурного массива при проведении горных выработок на угольных шахтах / В.Ф. Демин, С.Б. Алиев, Х.А. Юсупов и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 56-60. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-56-60.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

На угольных месторождениях породы, расположенные в непосредственной близости от выработки, ослаблены трещиноватостью и проявлением неупругих пластических деформаций, в которых напряжения перераспределяются, и максимум опорных напряжений отодвигается в толщу породного массива [1, 2, 3]. В окрестности горной выработки формируются зоны повышенных и пониженных напряжений (зона опорного давления), схематично представленные на рис. 1.

При проведении горных выработок возникающее опорное давление вызывает пучение почвы. На практике применяются различные способы борьбы с этим явлением. Наиболее часто применяется периодическая подрывка пород почвы, приводящая к нарушению равновесного

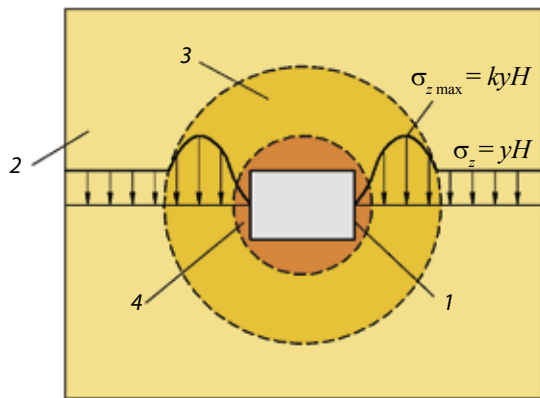


Рис. 1. Распределение напряжений вокруг горной выработки:
1 – подготовительная выработка;
2 – зона естественных напряжений;
3 – зона опорного давления; 4 – зона пониженных напряжений

состояния системы «крепь – зона разрушенных пород», росту интенсивности деформирования пород на контурах выработок и увеличению смещений.

Извлечение вспученных пород при подрывке снижает пассивный отпор крепи на величину порядка 50–60 кН/м выработки. Для обеспечения устойчивого состояния почвы выработки после подрывки необходимо компенсировать отпор извлекаемых пород [4]. Установлено, что с увеличением отпора, прикладываемого к почве выработки, уменьшается величина ее смещений, причем величина механического отпора на три порядка меньше сил, действующих по периметру зоны разрушенных пород [5].

Для компенсации отпора извлекаемых пород необходимы прогрессивные технологические решения с использованием рассредоточенной целенаправленной нагрузки для повышения эффекта противодействия выдавливанию пород почвы. Одним из них является проведение подготовительных выработок с упрочнением вмещающих пород системой штанговых и тросовых (канатных) анкерных крепей, которые устанавливаются в выработке с учетом горно-геологических условий, характера взаимодействия с массивом пород при заданных нагрузках и скоростях деформаций.

При незначительном отличии прочностных параметров пород кровли, боков и почвы, в условиях всестороннего сжатия происходит деформация пород по всему периметру выработки, при этом с увеличением их размеров растет тангенциальная составляющая тензора напряжений, что приводит к увеличению смещений контуров. Необходимо разграничивать пучение почвы, возникшее при воздействии напряженно-деформированного состояния (НДС) всего массива пород вокруг выработки от выдавливания пород ее из под целиков, играющих роль штампов.

Пучение наиболее интенсивно проявляется со стороны почвы угольных пластов в подготовительных и капитальных выработках. Породные слои почвы, подверженные пучению, имеют мощность от 2 до 5 м, и при этом чем мощнее слои слабых пород, тем интенсивнее процесс пучения [6, 7, 8].

В подготовительных выработках, находящихся в зоне влияния фронта очистных работ (на расстоянии до лавы

80–100 м), по мере их приближения к исследуемому участку отмечается рост интенсивности пучения до определенного максимума. По мере отхода лавы (100–120 м) интенсивность пучения постепенно уменьшается, асимптотически приближаясь к некоторой постоянной величине. В одиночных выработках интенсивность пучения во времени носит, как правило, монотонный характер и затухает со временем.

Размеры оставляемых целиков угля существенно влияют на величину пучения: чем меньше целик, тем выше интенсивность пучения пород. Увеличение ширины целиков, охрана подготовительных выработок породными полосами снижают интенсивность пучения, длительность которого составляет от одного до трех месяцев. Эта закономерность используется при проведении выработок широким ходом с односторонней или двусторонней раскоской [9].

Уменьшение величины пучения почвы в горных выработках может быть достигнуто созданием в ее боках зон пониженных напряжений путем закрепления пород кровли сталеполимерной анкерной крепью повышенной несущей способности, что увеличивает площадь опоры кровли на бока выработки с уменьшением удельного давления на почву. Зона максимума опорного давления в этом случае смещается от краевой части массива на величину, определяемую длиной, наклоном и плотностью установки припочвенных сталеполимерных (стеклопластиковых или комбинированных) анкеров.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Для определения параметров припочвенного крепления пород произведено численное моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) углепородного массива в окрестности горных выработок с использованием программного комплекса «Ansys».

Установлен характер распределения напряжений в окрестности выработки, где образуются неупругие зоны. В большей степени это касается кровли и почвы, также боков в нижней части контура выработки. Максимальное значение нормальных напряжений возникает в крайних анкерах кровли выработки в месте его закрепления, а максимальное продольное напряжение – в почве выработки.

Результаты моделирования НДС (рис. 2) свидетельствуют о том, что на деформации и напряжения в боковых породах и в породах почвы преимущественно оказывают влияние не припочвенные, а боковые анкера, приводящие к уменьшению деформаций в породах, окружающих выработку, а также снижающие интенсивность газовыделения [10, 11].

Оценка мощности упрочняемого слоя горных пород в почве с использованием анкеров для формирования опорных блоков для несущего свода выработки выполнена по методике проф. П.М. Цимбаревича [12].

В пластовых подготовительных выработках Карагандинского угольного бассейна при залегании в почве пластов слоистых аргиллитов и алевролитов выделяются три стадии развития деформационных процессов: расслоение

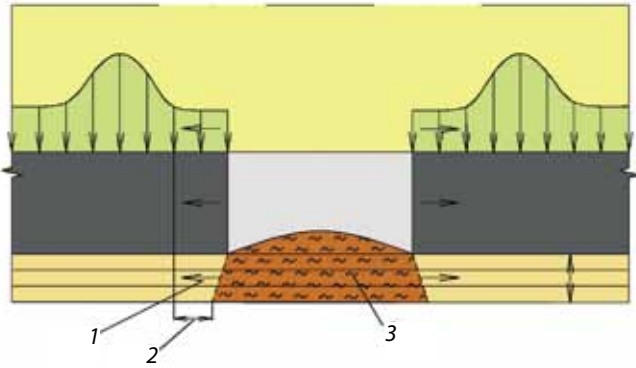


Рис. 2. Характер распределения напряжений при упрочнении контуров сталеполимерной анкерной крепи в мощном слое аргиллита:

1, 2 – направление и величина смещения зоны максимальных напряжений вглубь горного массива; 3 – зона пониженных напряжений в почве выработки

по поверхности напластования без разлома слоев пород; разлом расслоившихся пород под выработкой на блоки в форме многошарнирных арок; разрушение пород почвы под боками выработки с выдавливанием их в выработку.

Характер изменения напряжений в кровле горной выработки и уменьшение интенсивности трения почвы при упрочнении контуров выработки сталеполимерной анкерной крепью представлены на рис. 2 [13, 14, 15].

Установлена закономерность, что с ростом значения объемного веса пород кровли уменьшается глубина распространения зоны пучения в почве выработки, а увеличение объемного веса боковых пород и высоты выработки приводит к увеличению глубины распространения зоны пучения [10].

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПУЧЕНИЯ ПОРОД ПОЧВЫ ВЫРАБОТОК

Установленные закономерности изменения НДС углепородных массивов (смещений, напряжений, зон расслоения и трещинообразования) позволили определить оптимальные параметры крепления. Технологические схемы снижения пучения пород почвы выработок горных выработок использованы в шахтах Карагандинского угольного бассейна для повышения устойчивости подготовительных горных выработок за счет эффективного и безопасного крепления приконтурных пород при проведении горных выработок на пологих и наклонных угольных пластах.

Установка припочвенных ограждающих анкеров (рис. 3) выполняется в почву вдоль бортов горной выработки в наклонно ориенти-

рованные шуры под углом 20–40° к вертикали. Их длина определяется технической возможностью бурения (1,6; 2,4 и 2,9 м). Анкеры устанавливают перекрестно (под прямым углом) в слой пород почвы.

Шпур от устья до половины своей глубины имеет больший диаметр и не заполняется закрепляющим составом (см. рис. 3, б). Это необходимо для разгрузки боковых пород в этой зоне.

В процессе проведения горной выработки на очередной проходческий цикл шуры бурят рядами в кровлю 1 и бока 2 выработки. Длина, диаметр и углы установки шуров определяются схемой крепления выработки. Крепление начинают с установки первого ряда из шести кровельных сталеполимерных анкеров 3 (длиной 2,4 м) и четырех боковых стеклопластиковых анкеров 4 (длиной 1,8 м). По мере подвигания устанавливают второй ряд из пяти кровельных сталеполимерных анкеров 5 (длиной 2,4 м). Предварительно под штрипсы устанавливают металлическую сетку-затяжку 6. После проведения выработки, до начала ведения очистных работ и определения мощности пучащего слоя в почву у бортов выработки устанавливают наклонные ограждающие сталеполимерные анкеры 7 (длиной 2,4 м) с заложением их под углом 30–45° к напластованию, по мере закрепления которых в шурах с помощью ампул образуются породные блоки вокруг анкеров, связанных между собой силами сцепления укрепленных пород, за счет чего создается несущий свод (контур укрепления) 8 для снижения сжимающих усилий с боков выработки. Для обеспечения разгрузки пород почвы от напряжений шуры 9

для установки анкеров разбуривают на глубину 1,0–1,2 м диаметром, большим в два раза. Это нарушит целостность пучащего слоя и замедлит (исключит) развитие продольно-поперечного изгиба слоев. Прорезанные щелью породные слои почвы разгружаются от горизонтальных напряжений. Для увеличения несущей способности и обеспечения податливости опорных элементов анкера устанавливают конусную проставку 10. В связи с наличием опорного давления впереди лавы установку анкеров в почву производят с неснижаемым опережением очистного забоя на величину, превышающую длину зоны опережающего опорного давления в 1,5–2,0 раза.

Длина ограждающих припочвенных анкеров, устанавливаемых в почву выработки, определяется по эмпирической формуле:

$$L = \frac{k_3 \cdot B \cdot p}{\sigma_{сж}}, \text{ м} \quad (1)$$

где k_3 – эмпирический коэффициент (для Карагандинского угольного бассейна $k_3 = 6,75$); B – ширина

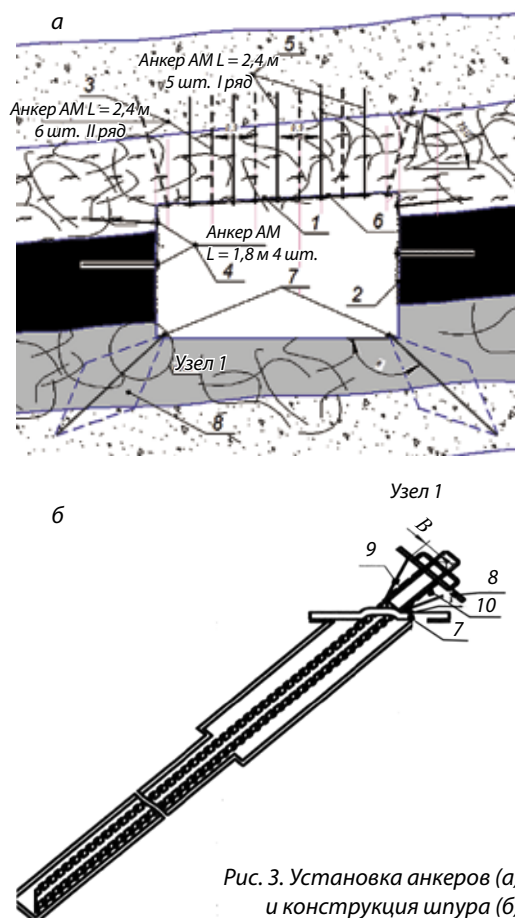


Рис. 3. Установка анкеров (а) и конструкция шура (б)

горной выработки в черне, m ; p – величина пучения пород почвы, m ; $\sigma_{сж}$ – прочность пород почвы на сжатие, МПа.

Рекомендуемый шаг установки припочвенных анкеров равен двойной величине анкерного крепления на погонный метр выработки.

На шахте «Казахстанская» Карагандинского угольного бассейна выполнены опытно-промышленные работы по установке металлических анкеров в почву газодренажного штрека № 322Д₇-з на ПК21-22 (участок проходческих работ УПР-3, рис. 4), где интенсивность пучения пород почвы была снижена на 50% [11].

Подобные работы также проведены на всех шахтах Карагандинского угольного бассейна, где были получены положительные результаты по снижению интенсивности пучения пород почвы горных выработок.

ВЫВОДЫ

При проведении горных выработок опорное давление вызывает пучение почвы выработки. Это явление нарушает нормальное функционирование выработки и приводит к дополнительным затратам на ее ремонт, проведение подрывки, переукладки путей и оборудования.

В результате проведенных исследований выявлены закономерности изменения напряженно-деформированного состояния углепородных массивов (напряжения, деформации, зоны трещинообразования) в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических

факторов. Так, например, установлено, что на изменение напряженно-деформированного состояния приконтурного массива оказывают преимущественное влияние не припочвенные, а боковые анкеры.

Расчеты НДС для различных горнотехнических условий разработки угольных пластов Карагандинского бассейна показали, что наибольший эффект от укрепляющего воздействия был получен при прямоугольном поперечном сечении горных выработок с анкерным креплением кровли боковых стенок по совмещенной схеме. Установка анкеров осуществляется таким образом, чтобы верхний боковой (как правило, глубинный) анкер размещался в зоне опорного давления за контуром выработки во вмещающих породах. Такая схема крепления позволяет сместить пик горного давления вглубь массива за пределы зоны распространения неупругих деформаций (разрушенных пород) в зоне влияния выработки, а нижний глубинный анкер располагается таким образом, чтобы создать ограждающую (изолирующую) зону, препятствующую распространению и выдавливанию боковых пород почвы в выработку.

На основе выявленных закономерностей установлены оптимальные параметры анкерного крепления приконтурного массива и разработаны технологические схемы крепления для снижения пучения пород почвы и повышения устойчивости подготовительных горных выработок.

Технологические схемы крепления горных выработок апробированы и внедрены в производство на шахтах Карагандинского угольного бассейна на пологих и наклонных угольных пластах.

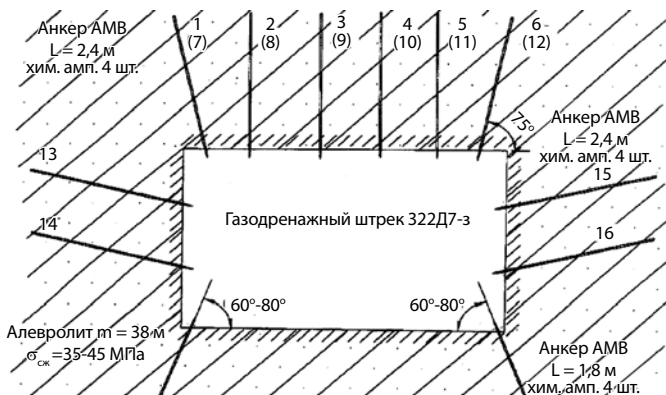


Рис. 4. Установка в почву металлических анкеров вдоль боков в газодренажном штреке № 322Д₇-з на шахте «Казахстанская»:
а – схема крепления; б – разгрузочные анкеры;
в – ограждающие анкеры

Список литературы

1. Кузьмин С.В., Сальвассер И.А. Факторы и классификационные признаки, определяющие пучение // Вестник КузГТУ. 2014. № 3. С. 43-44.
2. Кузьмин С.В., Сальвассер И.А. Поиск перспективных способов борьбы с пучением пород почвы в горных выработках шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» // Маркшейдерский вестник. 2014. № 3. С. 39-43.
3. Кузьмин С.В. Механизм развития пучения пород почвы и способы борьбы с ним // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельный выпуск. 2014. № 3. С. 120-126.
4. Бадтиев Б.П. Исследования на моделях из эквивалентных материалов способов борьбы с пучением путем изменения формы сечения выработок // Маркшейдерский вестник. Гипроцветмет. 2015. № 4. С. 51-55.
5. Brady B.H.G., Brown E.T. Rock Mechanics for underground mining. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. 628 p.
6. Laubscher D.H., Jakubec J. The IRMR/MRMR Rock Mass Classification System for Jointed Rock Masses // SME. 2000. P. 475-481.
7. Hudson J.A., Harrison J.P. Engineering Rock Mechanics: an introduction to the principles and applications. London: Elsevier Science, 1997. 150 p.
8. Цай Б.Н., Бахтыбаев Н.Б. Выбор конструкций крепей горных выработок и определение их параметров в угольных шахтах // Горный журнал Казахстана. 2008. № 1. С. 14-17.
9. Бобылев Ю.Г., Демин В.Ф., Коршунов Г.И., 2009. Комбинированная и анкерная установка в выработках угольных шахт. СПб.: Санкт-Петербургская международная академия экологии, человека и природы, 2009. 176 с.

10. Пак Г.А., Долгоносов В.Н., Алиев С.Б. Методика расчета шагов обрушения кровли и прогноза газовыделения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 7. С. 56-68.
11. Исследование взаимосвязи геомеханических и газодинамических процессов на шахтах Карагандинского угольного бассейна / Г.А. Пак, В.Н. Долгоносов, О.В. Старостина и др. // Известия ВУЗов. Горный журнал. 2012. № 4. С. 37-45.
12. Steverding B., Lehnigk S.H. The fracture penetration depth of stresspulses // *Intrn. l. Rock. Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr.* 1976. Vol. 13. P. 75-80.
13. Задавин Г.Д. Установление параметров анкерной крепи при проведении подготовительных выработок в условиях шахт Карагандинского бассейна: дисс. ... канд. техн. наук. Караганда: КарГТУ, 2008. 130 с.
14. Управление геомеханическими процессами для повышения устойчивости углепородного массива / В.Ф. Демин, Н.А. Немова, Т.В. Демина и др. // *Вестник НГУ.* 2016. № 2. С. 5-10.
15. Расчет параметров анкерного крепления при проведении горных выработок в условиях угольных шахт / С.Б. Алиев, В.Ф. Демин, А.Н. Томилов и др. // *Уголь.* 2021. № 4. С. 15-19. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-15-19.

UNDERGROUND MINING

Original Paper

UDC 622.281(574.32) © V.F. Demin, S.B. Aliev, Kh.A. Yussupov, V.N. Dolgonosov, V.S. Portnov, S.G. Ozhigin, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 56-60
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-56-60>

Title

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF ANCHORING OF THE CONTOUR MASSIF DURING MINING EXCAVATIONS IN COAL MINES

Authors

Demin V.F.¹, Aliev S.B.², Yussupov Kh.A.³, Dolgonosov V.N.¹, Portnov V.S.¹, Ozhigin S.G.¹

¹ A. Saginov KarTU, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

² Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, 111020, Russian Federation

³ K.I. Satbayev KazNRTU, Almaty, 050046, Republic of Kazakhstan

Authors information:

Demin V.F., Doctor of Engineering Sciences, Professor,
 e-mail: vladfdemin@mail.ru

Aliev S.B., Academician of the National Academy of Sciences Republic of Kazakhstan, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior researcher,
 e-mail: alsamat@gmail.com

Yussupov Kh.A., Corresponding Member of the National Academy of Sciences Republic of Kazakhstan, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
 e-mail: k.yussupov@satbayev.university

Dolgonosov V.N., Doctor of Engineering Sciences, Professor,
 e-mail: vnd070765@mail.ru

Portnov V.S., Doctor of Engineering Sciences, Professor,
 e-mail: vs_portnov@mail.ru

Ozhigin S.G., Doctor of Engineering Sciences, Professor,
 e-mail: osg62@mail.ru

Abstract

When maintaining workings during operation, work is carried out to eliminate the consequences of heaving of soil rocks that occurs during plastic deformations with extrusion of soil rocks into the working cavity under the action of contour rock pressure.

The revealed patterns of changes in the stressed-deformed state of carbon-bearing masses (displacements, stresses, cracking zones), depending on the main mining-geological and mining technical factors, made it possible to establish the optimal parameters for fastening soil rocks and develop technological fastening schemes that significantly reduce the occurrence of heaving of soil rocks in mine workings. The technology of anchor fastening of marginal rocks during mine workings on gentle and inclined coal seams was developed and tested in the mines of the Karaganda coal basin.

Keywords

Underground mine workings, Stresses, Strains, Attachment parameters, Geomechanical processes, Rockbolt support, Process of support, Stability of rock outcrops, Heaving of the soil of the mine, Mining engineering factors, Coalrock mass, Mine working boundary, Convergence.

References

1. Kuzmin S. & Salvasser I. Floor convergence factors and classification features. *Vestnik KuzGTU*, 2014, (3), pp. 43-44. (In Russ.).
2. Kuzmin S. Research perspective promising ways to fight ofmine excavations floor convergence on the «SUEK–Kuzbass» Mine. *Markshejderskij vestnik*, 2014, (3), pp. 39-43. (In Russ.).
3. Kuzmin S. Mechanism of floor convergence development of change ways. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten*, 2014, (3), pp. 120-126. (In Russ.).

4. Badtiev B. Equivalent modeling of the process of convergence of the mine floor when changing the shape of the excavation contour. *Markshejderskij vestnik. Giprotsvetmet*, 2015, (4), pp. 51-55. (In Russ.).

5. Brady B.H.G. & Brown E.T. *Rock Mechanics for underground mining*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2004, 628 p.

6. Laubscher D.H. & Jakubec J., The IRMR/MRMR Rock mass classification system for jointed rock masses. *SME*, 2000, pp. 475-481.

7. Hudson J.A. & Harrison J.P. *Engineering Rock Mechanics: an introduction to the principles and applications*. London, Elsevier Science, 1997, 150 p.

8. Zay B. & Bakhtubaev N. Selection of mine support structures and determination of their parameters in coal mines. *Gornyj zhurnal Kazakhstana*, 2008, (1), pp. 14-17.

9. Bobylev Yu.G., Demin V.F. & Korshunov G.I. Combined and anchor bolting installation in coal mines excavations. St. Petersburg, St. Petersburg International Academy of Ecology, Man and Nature Publ., 2009, 176 p. (In Russ.).

10. Pak G., Dolgonosov V. & Aliev S. Procedure for calculation of roof collapse steps and gas release forecast. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten*, 2012, (7), pp. 56-68. (In Russ.).

11. Pak G., Dolgonosov V., Starostina O. & Nizametdinov F. Geomechanical and gasodynamic processes interconnection research on the Karaganda coal mines basin. *Izvestiya VUZov. Gornyj zhurnal*, 2012, (4), pp. 37-45. (In Russ.).

12. Steverding B. & Lehnigk S.H. The fracture penetration depth of stresspulses. *Intrn. l. Rock. Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr.*, 1976, (13), pp. 75-80.

13. Zadavin G. The rockbolt support parameters of during preparatory workings in the conditions of the Karaganda coal mines basin. PhD eng. sci. diss. Karaganda. KSTU, 2008, 130 p.

14. Demin V., Nemova N., Demina T. & Zeytinova S. Geomechanical process management to stability of coal rock mass. *Vestnik NGU*, 2016, (2), pp. 5-10. (In Russ.).

15. Aliev S.B., Demin V.F., Tomilov A.N. & Miletchenko N.A. Calculation of bolting parameters for coal mine development. *Ugol'*, 2021, (4), pp. 15-19. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-15-19

For citation

Demin V.F., Aliev S.B., Yussupov Kh.A., Dolgonosov V.N., Portnov V.S. & Ozhigin S.G. Improvement of the technology of anchoring of the contour massif during mining excavations in coal mines. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 56-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-56-60.

Paper info

Received July 13, 2022

Reviewed July 26, 2022

Accepted August 25, 2022

Определение температурных границ стадий самовозгорания угля

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-61-66>

Задачу создания безопасных условий труда на угольных шахтах можно отнести к категории весьма сложных и многофакторных. База нормативных документов в области безопасности горного производства должна постоянно пополняться и корректироваться с учетом результатов исследований, проводимых научно-исследовательскими организациями. Особенно актуальны вопросы, относящиеся к проблемам горного давления, газовой и пожарной безопасности, газодинамическим и геодинамическим явлениям.

В статье рассмотрен один из аспектов безопасных условий труда, а именно – обеспечение пожарной безопасности. Выполнен анализ методов прогнозирования эндогенных процессов, представлены результаты экспериментов, направленных на определение критериев признаков стадий самонагрева для условий угольных шахт Карагандинского угольного бассейна.

Ключевые слова: пожаробезопасность, эндогенный пожар, химическая активность углей, низкотемпературное окисление, самовозгорание, непредельные углеводороды, выработанное пространство, изолированный участок.

Для цитирования: Определение температурных границ стадий самовозгорания угля / С.Б. Алиев, Р.Р. Ходжаев, Б.М. Кенжин и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 61-66. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-61-66.

ВВЕДЕНИЕ

Используемые в Карагандинском угольном бассейне методы и документы (инструкции, руководства), относящиеся к проблеме предупреждения эндогенных пожаров в угольных шахтах, зачастую не позволяют однозначно отнести обнаруженные признаки эндогенных процессов к какой-либо их стадии: низкотемпературному окислению, самонагреванию, ранней стадии самовозгорания, пожару или его затуханию. Особенно это относится к определению температуры в недоступных и труднодоступных зонах контролируемых участков или объектов – выработанных пространствах действующих выемочных участков и изолированных отработанных участках, а также в отработанных изолированных участках смежных шахт.

В таких случаях величина температуры – это единственный критерий для корректной оценки текущих стадий развития эндогенного пожара. В настоящее время единственным косвенным методом определения температуры в контролируемых зонах или объектах, или очагах в шахтах Карагандинского бассейна остается метод по соотношению непредельных углеводородов в пробах рудничной атмосферы.

А依ИЕВ С.Б.

Академик НАН РК,
член Президиума АГН,
доктор техн. наук, профессор,
старший научный сотрудник ИПКОН РАН,
111020, г. Москва, Россия,
e-mail: alsamat@gmail.com

ХОДЖАЕВ Р.Р.

Иностранный член АГН,
доктор техн. наук,
профессор КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: nicgeomark@mail.ru

КЕНЖИН Б.М.

Иностранный член АГН,
доктор техн. наук, профессор,
член Совета директоров КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: kbmzk@mail.ru

СМИРНОВ Ю.М.

Иностранный член АГН,
доктор техн. наук,
профессор КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: smirnov_y_m@mail.ru

ГРЕЧИШКИН П.В.

Канд. техн. наук,
директор Кемеровского филиала АО «ВНИМИ»,
650040, г. Кемерово, Россия,
e-mail: pv_grechishkin@mail.ru

АСАИНОВ С.Т.

Канд. техн. наук,
старший преподаватель КарТУ им. А. Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: nicgeomark@mail.ru

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ УГЛЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ САМОНАГРЕВАНИЯ

Непредельные углеводороды (этилен C_2H_4 , ацетилен C_2H_2) являются продуктами термоокислительной деструкции угля. В нормальных условиях содержание их в атмосфере составляет $(3-5) \cdot 10^{-7}$ об.%, а отношение этилена к ацетилену близко к единице. С повышением температуры нагревания угля содержание этих газов в атмосфере возрастает по экспоненциальной зависимости, однако скорости нарастания их концентраций различны, следовательно, различны и численные значения их отношений. Кроме того, установлено, что разбавление этилена и ацетилена воздухом шахтной атмосферы по мере удаления от очага самонагревания угля происходит пропорционально, то есть не влияет на их соотношение. Эти свойства и положены в основу метода определения температуры угля в результате самонагревания.

Экспериментальными исследованиями установлены зависимости изменения отношения этилена к ацетилену от температуры самонагревания для основных пожароопасных углей пластов Промышленного, Саранского и Шахтинского участков Карагандинского бассейна.

На рис. 1 представлены графики этих зависимостей для пластов K_{12} , K_{10} и d_6 .

Как следует из приведенных графиков, наиболее интенсивное увеличение отношения содержания непредельных углеводородов соответствует интервалу температур от 100 до 200-250°C, то есть именно стадии перехода от низкотемпературного окисления к самовозгоранию.

Практическое использование положений и метода по Инструкции по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных предприятиях УД АО «АрселорМиттал Темиртау» на шахтах Карагандинского бассейна показало некоторые затруднения, вызванные следующими причинами:

- сложность отбора качественных проб шахтной атмосферы в специальные трубки-концентраторы;
- требование высокой точности газоанализаторов для измерения концентраций непредельных углеводородов порядка 10^{-7} об.%;
- не редки случаи отсутствия одного из газов, что приводит к использованию усредненных величин и искажению результатов и выводов.

Кроме этого, с изменением глубины залегания угольных пластов изменяются метаморфизм и метаноносность углей, их физико-химические свойства, показатели химической активности, влияющие на склонность к самовозгоранию, на величину критической температуры самовозгорания. Тем не менее этот документ используется специалистами шахт в случаях возникновения ситуаций с обнаружением признаков самонагревания угля.

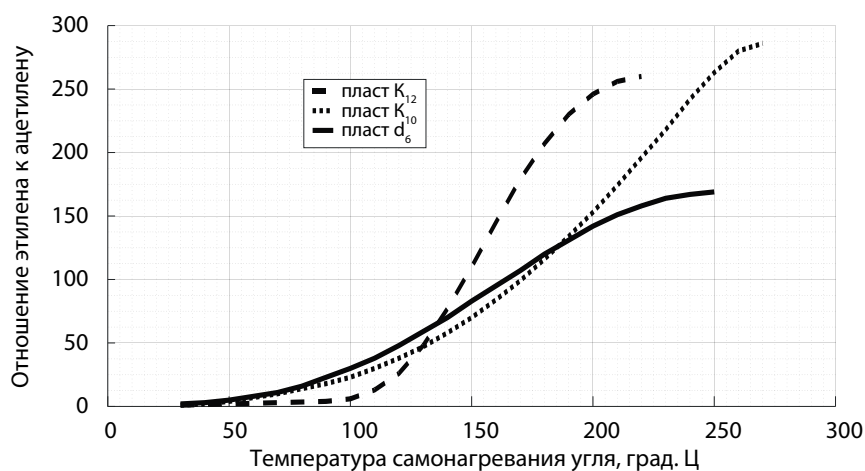


Рис. 1. Графики экспериментально установленных зависимостей изменения отношения этилена к ацетилену от температуры самонагревания угля для пластов K_{12} , K_{10} и d_6 Карагандинского бассейна

В связи с этим необходимо периодически (через определенные глубины) выполнять экспериментальные исследования для получения более надежных оценок и принятия решений.

Основной задачей, решение которой в определенной степени позволит установить стадию эндогенного процесса в массиве угля или в выработанном пространстве, ставится разработка метода расчета численной величины температуры по результатам анализов проб рудничной атмосферы контролируемого участка, не доступного для инструментальных измерений.

При всех известных его погрешностях газоаналитический метод оценки состояния эндогенной пожароопасности остается пока единственным в ситуациях невозможности доступа и визуально-инструментального обследования контролируемого участка или объекта.

В интервале температур самонагревания угля до 350°K (77°C) для углей различной влажности в результате экспериментов получена эмпирическая зависимость:

$$C_{CO}/\Delta C_{O_2} = (0,0001 \cdot V^r + 3 \cdot 10^{-5}) \cdot t^{-0,003 \cdot V^r} \quad (1)$$

График, иллюстрирующий данную зависимость при разных величинах влажности угля, приведен на рис. 2.

Из графиков функций следует, что критерий, выраженный отношением $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$, принимает значение в диапазоне температур до 70-80°C, что близко к критической температуре самовозгорания каменных углей Карагандинского бассейна. Следовательно, рассматриваемый критерий может быть использован в практике распознавания стадий самонагревания и самовозгорания углей с целью предупреждения возникновения эндогенных пожаров при условии уточнения эмпирических коэффициентов для углей Карагандинского бассейна.

На первом этапе этих экспериментов получены эмпирические зависимости процентного содержания пожарных индикаторных газов от температуры нагревания (или самонагревания) угля, графики которых представлены на рис. 3. Исследования проводились на большом количестве проб углей всех пожароопасных пластов Карагандинского бассейна.

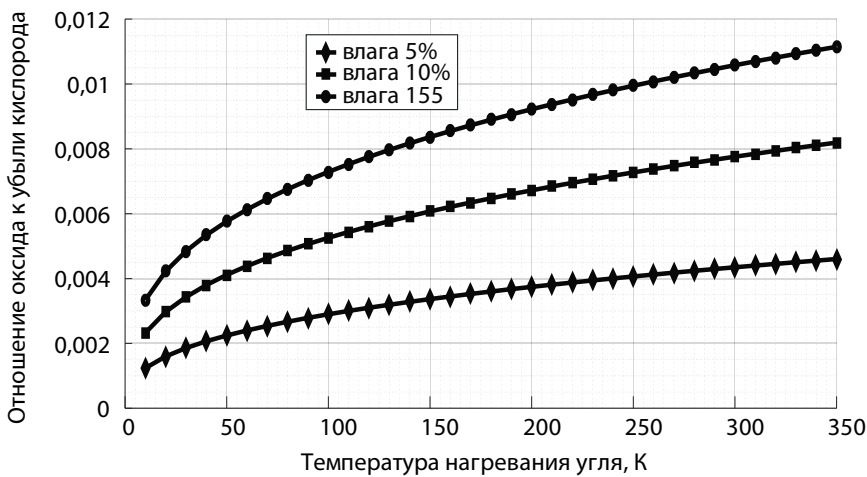
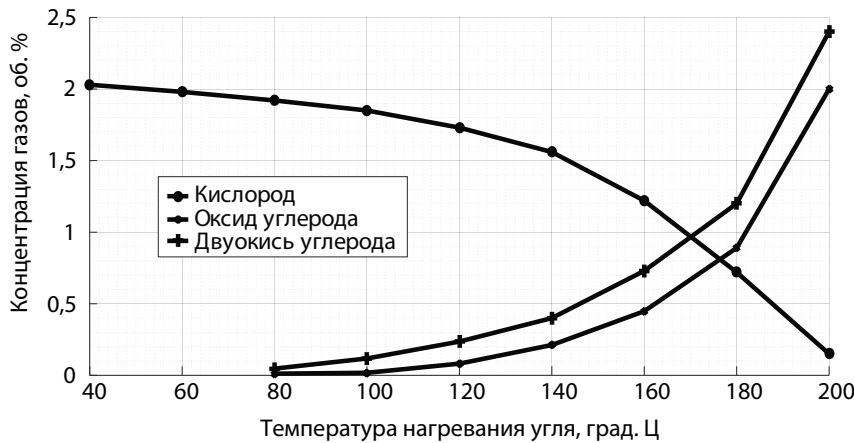


Рис. 2. Графики зависимостей отношения содержания оксида углерода CO к убыли кислорода ΔO_2 в шахтной атмосфере от температуры самонагрева углей Донецкого бассейна при влажности 5% (нижняя линия), 10% и 15%



Примечание: концентрация кислорода на графике уменьшена в 10 раз.

Рис. 3. Изменение концентрации кислорода, оксида и двуоксида углерода в зависимости от температуры самонагрева угля всех пластов

Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. В специальном сосуде с газоотводящими трубками и термометрами в условиях водяной бани нагревалась навеска пробы угля фракции 1-3 мм. Периодически, по мере нагревания, через определенные тем-

представленного профилактической службой Карагандинского филиала РГКП профессиональной военизированной аварийно-спасательной службы (КФ ПВАСС). Основная цель этапа заключалась в расчете температуры рудничной атмосферы в контролируемом очаге самона-

пературные промежутки отбирались пробы воздушной смеси из трубки в камере-сосуде. Анализ проб проводился по методике выполнения измерений хроматографом на объемное содержание оксида углерода CO, диоксида углерода CO₂ и водорода H₂.

В результате проведения серии экспериментов получены эмпирические зависимости содержания (в об.%) пожарных индикаторных газов от температуры нагревания угля для наиболее пожароопасных пластов K₁₂ и d₆ разных шахт Карагандинского бассейна, формулы которых приведены в табл. 1.

С целью изучения температурных границ выделения пожарных индикаторных газов анализ зависимостей представлен в виде графиков. Эти зависимости использовались в ряде случаев для оценки состояния самонагрева угля и обоснования разработки предупредительных мероприятий на шахтах Карагандинского бассейна.

Исследования угля пласта K₁₂

В табл. 2 приведены рассчитанные по формулам 2 и 4 (см. табл. 1) величины выделения пожарных индикаторных газов – оксида углерода CO и двуоксида CO₂ в экспериментах по нагреванию угля пласта K₁₂.

На втором этапе для исследований и получения количественных значений ранее указанных агрегатных критериев обработаны результаты хроматографического анализа контрольных проб шахтной атмосферы, выполненного и

Таблица 1

Формулы эмпирических зависимостей для пластов K₁₂ и d₆ по результатам лабораторных исследований

Индекс угольного пласта	Зависимости процентного содержания оксида углерода (CO), водорода (H ₂) и диоксида углерода (CO ₂) от температуры самонагрева угля
K ₁₂	$C(CO) = 0,0004 \cdot \exp(0,186 \cdot t^{0,72})$, об.% (2)
	$C(H_2) = 0,0002 + 0,0078 \cdot \exp(-0,59 \cdot 10^{-6} \cdot (300 - t)^{2,98})$, об.% (3)
	$C(CO_2) = 0,02 \cdot \exp(0,00401 \cdot t^{1,33})$, об.% (4)
d ₆	$C(CO) = 0,00001087 \cdot \exp(0,06112 \cdot t)$, об.% (5)
	$C(H_2) = 0,0002 + \exp(-0,026 \cdot (300 - t)^{1,7} / (t - 100))$, об.% (6)
	$C(CO_2) = 0,01 \cdot \exp(0,406 \cdot 10^{-4} \cdot t^{2,26})$, об.% (7)

гревания участка в зависимости от процентного содержания индикаторных газов. Для анализа и математическо-статистической обработки приняты данные извещений пылегазоаналитической лаборатории КФ ПВАСС по контролю атмосферы за перемычкой № 1486 в 3-западном полевом штреке шахты им. Костенко за период с 29.03.2018 по 01.10.2018, то есть за 187 суток.

На следующем, третьем, этапе исследований ставилась конечная цель – установление и получение корреляционных зависимостей расчетной температуры самонагревания угля в контролируемом объекте участка от ранее указанных интегрированных критериев, представляющих определенные агрегатные соотношения из количественных величин выделенных индикаторных газов.

Расчеты выполнялись для каждого из наблюдений с использованием в программной среде MATLAB по специально разработанной и предназначенной для научно-технических исследований прикладной программе.

В представленных ниже формулах и выражениях приняты обозначения:

– TR_CO – расчетная температура самонагревания угля всех пластов (кроме K_{12} и d_6) по содержанию в пробе оксида углерода (CO);

– TR_CO_D6 – расчетная температура самонагревания угля по содержанию оксида CO для пласта d_6 ;

– TR_CO_K12 – расчетная температура самонагревания угля по содержанию оксида CO для пласта K_{12} ;

– TR_CO2 – расчетная температура по содержанию двуокиси (CO_2);

– TR_CO2_D6 – расчетная температура по содержанию двуокиси (CO_2) для пласта d_6 ;

– TR_CO2_K12 – расчетная температура по содержанию двуокиси (CO_2) для пласта K_{12} ;

– TR_O2 – расчетная температура по убыли кислорода ($-\Delta O_2$) для всех шахтопластов.

Критерии, вычисляемые для каждого натурального наблюдения, следующие:

– K1 – отношение концентрации оксида CO к dO_{2-1} ($CO/-\Delta O_2$);

– K2 – отношение концентрации оксида CO к dO_{2-2} ($CO/-\Delta O_2$);

– KG1 – критерий Грэхема ($100 \cdot CO / -\Delta O_2$);

Расчетные величины индикаторных пожарных газов, выделившихся при нагревании угля пласта K_{12} (см. формулы 2 и 4 табл. 1)

Температура самонагревания, °С	Содержание индикаторных газов, об. %	
	CO	CO ₂
10	0,0011	0,0218
20	0,0020	0,0248
30	0,0034	0,0289
40	0,0057	0,0344
50	0,0090	0,0415
60	0,0139	0,0506
70	0,0210	0,0628
80	0,0314	0,0781
90	0,0461	0,0984
100	0,0671	0,1250
110	0,0966	0,1602
120	0,1377	0,2068
130	0,1948	0,2688
140	0,2734	0,3518
150	0,3812	0,4635

– KG2 – критерий Грэхема ($100 \cdot CO / -\Delta O_2$);

– KYU – критерий Юнга ($CO_2 / -\Delta O_2$);

– dO_{2-1} (или $-\Delta O_2$) – убыль кислорода по методике КО ВНИИГД (расчетное содержание кислорода минус содержание по замеру);

– dO_{2-2} (или $-\Delta O_2$) – убыль кислорода по методике головного ВНИИГД (расчетное содержание кислорода минус содержание по замеру).

Уравнения зависимостей для выполнения расчетов принимались в виде показательных или экспоненциальных функций. В табл. 3 приведены формулы эмпирических зависимостей с оценками коэффициентов уравнений и уровня корреляционной связи между принятыми критериями и расчетными температурами атмосферы в контролируемых участках.

Как следует из табл. 3, корреляция между принятыми критериями и расчетными температурами достаточно

Таблица 3

Эмпирические зависимости и статистические оценки связи

Формула эмпирической зависимости	Оценка R^2
$TR1_1 = 232,4 \cdot K1^{0,171}$	0,6162
$TR1_2 = 134,7 \cdot \exp(0,08076 \cdot K1) - 86,46 \cdot \exp(-109,8 \cdot K1)$	0,6807
$TR1_3 = 111,8 \cdot \exp(0,04535 \cdot KG1) - 102,9 \cdot \exp(-3,193 \cdot KG1)$	0,7871
$TR1_4 = 101,9 \cdot KG1^{0,2274}$	0,7260
$TR1_5 = 109 \cdot \exp(0,06668 \cdot KG2) - 104 \cdot \exp(-5,34 \cdot KG2)$	0,7566
$TR1_6 = 108,2 \cdot KG2^{0,2221}$	0,7094
$TR2_1 = 197,5 \cdot \exp(0,01555 \cdot d_{O2_1}) - 120,7 \cdot \exp(-0,7524 \cdot d_{O2_1})$	0,6816
$TR2_2 = 157,3 \cdot d_{O2_1}^{0,1755}$	0,6409
$TR3_1 = 134,9 \cdot \exp(0,02485 \cdot d_{O2_1}) - 104,4 \cdot \exp(-0,5084 \cdot d_{O2_1})$	0,7212
$TSR_1 = 196,6 \cdot \exp(-0,01638 \cdot KG1) - 50 \cdot \exp(-1,506 \cdot KG1)$	0,6923
$TSR_2 = 177,9 \cdot \exp(0,0127 \cdot d_{O2_1}) - 89,75 \cdot \exp(-0,5462 \cdot d_{O2_1})$	0,6825

высока, что позволяет использовать приведенные зависимости для прогноза температуры в атмосфере аварийного или контролируемого участка по результатам оперативного отбора и анализа проб воздуха.

Если при отборе проб шахтной атмосферы осуществлялись процедуры для определения содержания непредельных углеводородов – этилена и ацетилена, температуру в предполагаемом очаге для некоторых пластов можно рассчитать по их отношению.

ВЫВОДЫ

Получены следующие результаты исследований:

– установлены зависимости изменения отношения этилена к ацетилену от температуры самонагрева для основных пожароопасных углей пластов Промышленного, Саранского и Шахтинского участков Карагандинского бассейна. Обозначены недостатки приведенной выше методики. Установлено, в частности, что она нуждается в периодической актуализации в зависимости от горно-геологических условий отработки запасов угольных шахт;

– на основании результатов натуральных экспериментов определены эмпирические зависимости процентного содержания пожарных индикаторных газов от температуры угля. Выполнены расчеты температуры рудничной атмосферы в контролируемом очаге самонагрева участка в зависимости от процентного содержания индикаторных газов. Проведена апробация результатов на ряде шахт бассейна с целью наработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;

– установлены корреляционные зависимости расчетной температуры окисляющегося угля в пределах контролируемого объекта от ранее интегрированных критериев, которые представляют собой агрегатные соотношения из количественных величин индикаторных пожарных газов;

– для аналитической обработки данных разработаны специальные прикладные программы. Использование вычислительной техники позволило получить эмпирические зависимости с оценками коэффициентов уравнений и уровня корреляционной связи между принятыми критериями и расчетными температурами рудничной атмосферы.

Угольные шахты справедливо относят к самым опасным видам производства. Свидетельством этому является один только перечень возможных аварий, которые в своем развитии способны переходить в категорию катастроф: взрывы газа-метана, внезапные выбросы угля и газа, рудничные пожары эндогенной и экзогенной природы, горные удары, влияние изменений напряженно-деформированного состояния массива горных пород или горного давления, подтопления горных выработок и т.д.

Поэтому научные исследования, направленные на решение проблем безопасности производства на угольных шахтах, никогда не потеряют актуальность и даже небольшие шаги в этом направлении, отражен-

ные в представленной статье, позволят в определенной мере способствовать обеспечению охраны здоровья и жизни персонала, осуществляющего подземную разработку угля.

Список литературы

1. Инструкция по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных предприятиях УД АО «АрселорМиттал Темиртау». Караганда: ТОО «НИЦ «ГеоМарк», 2018. 108 с.
2. Руководство по контролю за возникновением эндогенных пожаров на шахтах УД АО «АрселорМиттал Темиртау». Караганда: КазНИИБГП, 2009. 36 с.
3. Греков С.П., Пашковский П.С., Орликова В.П. Определение температуры самонагрева угля по соотношению оксида углерода и убыли кислорода на аварийном участке // BEZPIECZENSTWO I TECHNIKA POZARNICZA, 2015. № 3. С. 119–127.
4. Prediction and control of spontaneous combustion in thick coal seams / R. Moria, R. Balusu, K. Tanguturi et al. / 13th Coal Operators' Conference, University of Wollongong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia, 2013. P. 232–239.
5. Шлапаков П.А., Колыханов В.В., Хаймин С.А. Газоаналитический метод обнаружения подземных пожаров в угольных шахтах // Вестник НЦ ВостНИИ. 2017. №1. С. 14-18.
6. Говор Р.А. Технологические и технические решения по профилактике и тушению эндогенных пожаров на шахтах ОАО «ОУК «ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ» // Записки Горного института. 2006. Т. 167. Часть 2. С. 89-92.
7. Пучков Л.А., Каледина Н.О., Кобылкин С.С. Аэродинамический метод предупреждения эндогенной пожароопасности выработанных пространств угольных шахт. М.: МГУ, 2012. С. 302-311.
8. Греков С.П., Орликова В.П. Комплексная оценка эндогенной пожароопасности угольного скопления в шахте // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 3. С. 120-125.
9. Луговцова Н.Ю. Оценка экологических рисков от эндогенных пожаров на угольных шахтах и разработка технологии для их минимизации (на примере Кузбасса): дисс. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2018. 143 с.
10. Батугин А.С., Кобылкин А.С., Мусина В.Р. Исследование влияния геодинамической позиции угленосных отвалов на их эндогенную пожароопасность // Записки Горного института. 2021. Т. 250. С. 526-533.
11. Журавлева Н.В. Обоснование, разработка и развитие методов оценки влияния добычи и переработки углей Кузнецкого угольного бассейна на экологическое состояние природной среды: дисс. ... докт. техн. наук. М., 2017. 341 с.
12. Расчет параметров анкерного крепления при проведении горных выработок в условиях угольных шахт / С.Б. Алиев, В.Ф. Демин, А.Н. Томилов и др. // Уголь. 2021. №4. С. 15-19. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-15-19.
13. Оценка эффективности бурения опережающих скважин в области повышенных напряжений массива на газопроявление из угольного пласта / С.Б. Алиев, Р.Р. Ходжаев, Т.К. Исабек и др. // Уголь. 2020. № 11. С. 10–12. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-11-10-12.

Original Paper

UDC 622.83:624.131 © S.B. Aliev, R.R. Khodzhayev, B.M. Kenzhin, Yu.M. Smirnov, P.V. Grechishkin, S.T. Assainov, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 61-66
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-61-66>

Title**DETERMINATION OF TEMPERATURE LIMITS OF COAL SELF-IGNITION STAGES****Authors**

Aliev S.B.¹, Khodzhayev R.R.², Kenzhin B.M.², Smirnov Yu.M.², Grechishkin P.V.³, Assainov S.T.²

¹ Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, 111020, Russian Federation

² A. Saginov KarTU, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

³ VNIMIs Kemerovo Division, Kemerovo, 650040, Russian Federation

Authors information

Aliev S.B., Academician of the National Academy of Sciences, Republic of Kazakhstan, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior researcher, e-mail: alsamat@gmail.com

Khodzhayev R.R., Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: nicgeomark@mail.ru

Kenzhin B.M., Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: kbmz@mail.ru

Smirnov Yu.M., Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: smirnov_y_m@mail.ru

Grechishkin P.V., PhD (Engineering), e-mail: pv_grechishkin@mail.ru

Assainov S.T., PhD (Engineering), e-mail: nicgeomark@mail.ru

Abstract

The objective of creating safe working conditions in coal mines can be classified as very challenging and multifactorial. The normative document base in the field of mining safety must be constantly updated and revised, taking into account the results of research conducted by research organizations. Issues related to gas and fire safety issues, gas- and geo-dynamic phenomena, rock pressure are particularly relevant.

The article considers one of the aspects of safe working conditions, namely, fire safety. The analysis of methods for predicting endogenous processes has been performed, the results of experiments aimed at determining the criterion signs of self-heating stages in coal mines of the Karaganda coal basin are presented.

Keywords

Fire safety, Endogenous fire, Chemical activity of coals, Low-temperature oxidation, Self-ignition, Unsaturated hydrocarbons, Mined-out space, Isolated area.

References

1. Instructions on prevention and extinguishing of endogenous fires in the coal enterprises of the Coal Department of «ArcelorMittal Temirtau» JSC. Karaganda, «Engineering Research Center «GeoMark» LLP Publ., 2018, 108 p. (In Russ.).
2. Guidelines for monitoring the occurrence of endogenous fires in the mines of the Coal Department of «ArcelorMittal Temirtau» JSC. Karaganda, Kazakh State Research Institute for Mining Safety Publ., 2009, 36 p. (In Russ.).
3. Grekov S.P., Pashkovskiy P.S. & Orlikova V.P. Determination of coal self-heating temperature by the ratio of carbon monoxide and oxygen loss at the emergency site. *BEZPIECZENSTWO I TECHNIKA POZARNICZA*, 2015, (3), pp. 119-127. (In Russ.).

4. Moria R., Balusu R., Tanguturi K. & Khanal M. Prediction and control of spontaneous combustion in thick coal seams. 13th Coal Operators' Conference, University of Wollongong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia, 2013, pp. 232-239.

5. Shlapakov P.A., Kolykhanov V.V. & Khaimin S.A. Gas analytical method for detecting underground fires in coal mines. *Bulletin of the Research Center of VostNII*, 2017, (1), pp. 14-18. (In Russ.).

6. Govor R.A. Technological and technical solutions for preventing and extinguishing endogenous fires in the mines of "Coal Company "Yuzhkuzbassgol". *Zapiski gornogo instituta*, 2006, Vol. 167, (2), pp. 89-92. (In Russ.).

7. Puchkov L.A., Kaledina N.O. & Kobylkin S.S. Aerodynamic method of prevention of endogenous fire hazard in mined-out spaces of coal mines. Moscow, MGSU Publ., 2012, pp. 302-311. (In Russ.).

8. Grekov S.P. & Orlikova V.P. A comprehensive assessment of the endogenous fire hazard of a coal stockpile in a mine. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost: problemy i puti sovershenstvovaniya*, 2020, (3), pp. 120-125. (In Russ.).

9. Lugovtsova N.Yu. Assessment of environmental risks from endogenous fires in coal mines and the development of technology to minimize them (on the example of Kuzbass): thesis. PhD eng. sci. diss. Irkutsk, 2018, 143 p. (In Russ.).

10. Batugin A.S., Kobylkin A.S. & Musina V.R. Study of influence of geo-dynamic position of coal dumps on their endogenous fire hazard. *Zapiski gornogo instituta*, 2021, (250), pp. 526-533. (In Russ.).

11. Zhuravleva N.V. Rationale and development of methods for assessing the impact of coal mining and processing in the Kuznetsk coal basin on the environmental condition: thesis. Dr. eng. sci. diss. Moscow, 2017, 341 p. (In Russ.).

12. Aliev S.B., Demin V.F., Tomilov A.N. & Miletenko N.A. Calculation of bolting parameters for coal mine development. *Ugol'*, 2021, (4), pp. 15-19. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-15-19.

13. Aliev S.B., Hodzhaev R.R., Isabek T.K., Demin V.F. & Shontaev A.Zh. Efficiency assessment of relief hole drilling in areas of high stresses to release methane from coal beds. *Ugol'*, 2020, (11), pp. 10-12. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-11-10-12.

For citation

Aliev S.B., Khodzhayev R.R., Kenzhin B.M., Smirnov Yu.M., Grechishkin P.V. & Assainov S.T. Determination of temperature limits of coal self-ignition stages. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 61-66. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-61-66.

Paper info

Received July 13, 2022

Reviewed July 26, 2022

Accepted August 25, 2022

К вопросу моделирования процесса осаждения пыли для условий угольной шахты

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-67-72>

На современных горнодобывающих предприятиях существуют различные способы, снижающие концентрацию пыли в том или ином объеме. Обычно требуется обеспыливать горные выработки, складские помещения, технологические помещения с высокоточным оборудованием и многие другие. Но не редко приходится сталкиваться с невозможностью произвести работы по снижению концентрации пыли из-за технологических издержек. Поэтому исследование процессов массопереноса, разработка мероприятий и установок по контролю концентрации пыли актуальны в современном технологическом обществе.

В начале исследования процессов массопереноса пыли на горнодобывающем предприятии требовалось провести не только теоретические расчеты, но и получить эмпирические значения и показатели. Поскольку проведение данных исследований основано на экспериментальных значениях, была разработана методика проведения этих экспериментов.

Методика, описываемая в данной статье, основана на исследованиях пульсирующей вентиляции аэрозолей, аэрации пыли и методике проведения экспериментов. По данной методике планируется провести эксперименты по осаждению пыли различных концентраций для получения значений времени осаждения данной пыли. Результаты, полученные при работе по этой методике, будут использоваться в дальнейших экспериментах по пылеосаждению как базовые параметры запыленной среды.

Ключевые слова: пыль, методика, эксперимент, пылевое загрязнение, массоперенос, пылеосаждение, пробоподготовка, измельчение пыли, время осаждения пыли, концентрация пыли.

Для цитирования: К вопросу моделирования процесса осаждения пыли для условий угольной шахты / А.Э. Филин, И.Ю. Курносов, Л.А. Колесникова и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 67-72. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-67-72.

ВВЕДЕНИЕ

Угольная промышленность занимает важную позицию в топливно-энергетическом комплексе России, обеспечивая энергетику, металлургию и ряд других отраслей, а также население топливом и сырьем. В то же время одной из основных опасностей при ведении горных работ являются вспышки метановоздушной смеси и взрывы угольной пыли [1, 2].

Основное количество взрывов происходит при ведении очистных и подготовительных горных работ [2, 3], а также при ведении монтажных работ с нарушениями вентиляционного режима, при повторном использовании выработок [4, 5].

ФИЛИН А.Э.

Доктор техн. наук, доцент,
профессор кафедры НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: aleks_filin@bk.ru

КУРНОСОВ И.Ю.

Ассистент,
аспирант кафедры НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: kurnosovilya@yandex.ru

КОЛЕСНИКОВА Л.А.

Канд. экон. наук,
доцент кафедры НИТУ «МИСиС»,
ФГБОУ ВО «Российский
экономический университет
имени Г.В. Плеханова»,
117997, г. Москва, Россия,
e-mail: luzu@yandex.ru

ОВЧИННИКОВА Т.И.

Доктор техн. наук, доцент,
профессор кафедры НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: ovchinnikova_ti@mail.ru

КОЛЕСНИКОВ А.С.

Канд. техн. наук,
профессор кафедры,
Южно-Казахстанского
университета им. М. Ауэзова,
160012, г. Шымкент, Республика Казахстан,
e-mail: kas164@yandex.kz

Сегодня на территории предприятий добычи полезных ископаемых используется достаточное количество различных способов по снижению пылеобразования. Проводятся такие мероприятия, как: вентиляция, предварительное увлажнение угольного массива, орошение на комбайне, водяные и тумано-образующие завесы, тканевые лабиринты, обмывка выработок и др., влияющие на аэрологические риски [6], но большинство таких способов либо неэффективно, либо требует большого количества времени [7, 8]. Для снижения времени осаждения пыли было предложено исследовать воздействие пульсирующей вентиляции в комплексе с акустическим воздействием (различной частоты), не превышающим предельно допустимого уровня, с целью увеличения эффективности коагуляции частиц при использовании орошения. Эти способы не обеспечивают снижения концентрации пыли в воздухе до предельно допустимых концентраций по санитарным нормам, используемые средства пылеподавления не обеспечивают на должном уровне пылевзрывобезопасность при разработке угольных пластов, поэтому необходимо воздействовать на аэрозоли высоких концентраций с целью ускорения снижения их опасных и вредных значений.

Для такого рода исследований, направленных на повышение эффективности пылеосаждения в рамках научного направления «пульсирующая вентиляция», необходимо подготовить экспериментальную базу и наработать статистические данные. В качестве первого этапа, для получения базовых показателей поведения пыли, была разработана методика проведения эксперимента по пылеосаждению. Учитывая масштаб проблемы, совершенствование методов осаждения пыли является актуальной научной задачей.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ ПЫЛИ

Для эксперимента была разработана установка в виде герметичного сборного кубического короба с алюминиевым каркасом и стенками из полимерного прозрачного материала толщиной 4 мм. Объем данной конструкции составляет 1 м³ с длиной стороны 1 м (рис. 1).

Внутри этой установки распложен генератор пульсирующей вентиляции (а), асинхронный трехфазный электродвигатель с крыльчаткой (б) для равномерного распределения пыли внутри бокса, насосная станция (в) и набор форсунок для создания орошения. Для отслеживания значений концентрации пыли используется измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц «АЭРОКОН-П» (е). Также в установке предусмотрен осциллограф для отслеживания формы и вида ультразвукового сигнала, а также его оценки во времени и амплитуды (г). Для моделирования ультразвуковых колебаний используется ультразвуковой излучатель (на рис. 1 не представлен) с частотным преобразователем (д) [9].

ПРОБОПОДГОТОВКА ИССЛЕДУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ ПЫЛИ

Перед началом проведения эксперимента требуется подготовить исследуемую пыль к проведению экспери-

мента. Пробоподготовка должна проводиться в лабораторных условиях и профессионально подготовленным персоналом. Проба пыли поставляется на пробоподготовку в сухом, высушенном состоянии (проба выдержана в течение 24-48 ч при температуре воздуха 21°C) на измельчение вместе с информацией по ее химическому составу. Если принимаемая на измельчение пыль соответствует стандартам пожаровзрывоопасности, то ее измельчают, согласно методическим указаниям измельчения материала в шаровой мельнице и просеивают до получения размера частиц не более 10 мкм [10, 11].

Полученная масса собирается в виде конуса и набирается в лопатку (лопатку ведут снизу конуса вверх по его поверхности). Из лопатки пыль высыпает на вершину конуса так, чтобы она распределилась по всем его сторонам. После 3-4-разового перелопачивания по всей окружности основания конуса пробу разделяют на две части в плоскости, перпендикулярной основанию конуса. Каждую часть пробы снова собирают в виде конуса, перелопачивают, как указано выше, и разделяют еще на две части. От каждого конуса отбирают по половине, а две оставшиеся (от каждого конуса) смешивают и повторно разделяют, отбирая так же по половине. В конце пробоподготовки получают шесть отобранных частей, из которых в равных долях набирается требуемый вес пробы.

ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ЭКСПЕРИМЕНТУ. СООТНОШЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ К СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

Поскольку в эксперименте применяются различные цифровые приборы, требуется обеспечить их управление посредством ПК. Одним из таких приборов является асинхронный двигатель (см. рис. 1, б). Для его управления используется программа «ElcDrive». Данное программное обеспечение (ПО) управляет частотным преобразователем, подключенным к асинхронному двигателю. Получить значение скорости движения воздуха в м/с не представляется возможным. Для определения скорости движения воздуха требуется соотнести частоту вращения вала (Гц) со скоростью движения воздуха (м/с) от крыльчатки, находящейся на конце вала.

Соотношение получают при помощи использования цифрового чашечного анемометра. Последовательность получения соотношения приведена ниже:

- установить анемометр напротив крыльчатки таким образом, чтобы ось вращения анемометра была перпендикулярна оси вращения крыльчатки;
- включить частотный преобразователь и установить частоту в 12 Гц;
- после того, как чашки анемометра начинают вращаться, снять показания скорости движения воздуха и записать в таблицу;
- наработать практические данные по скорости движения воздуха, повышая частоту преобразователя на 1 Гц;
- наработав значения скорости движения воздуха для диапазона частот от 12 до 22 Гц (10 значений), методом интерполяции рассчитать последующие 10 значений (22-32 Гц);

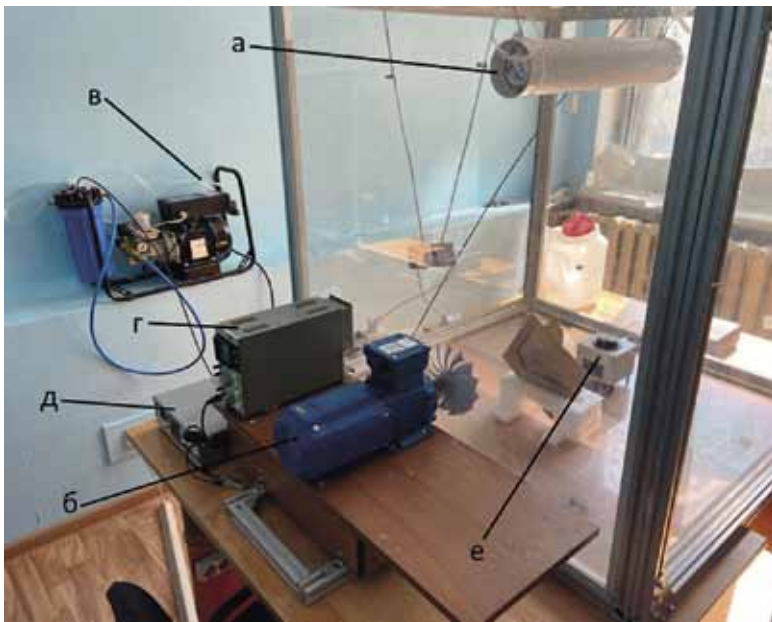


Рис. 1. Лабораторная установка по исследованию процессов подавления пыли: а – генератор пульсирующей вентиляции; б – асинхронный трехфазный электродвигатель с крыльчаткой; в – насосная станция с форсунками; г – осциллограф; д – частотный преобразователь; е – измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц «АЭРОКОН-П»

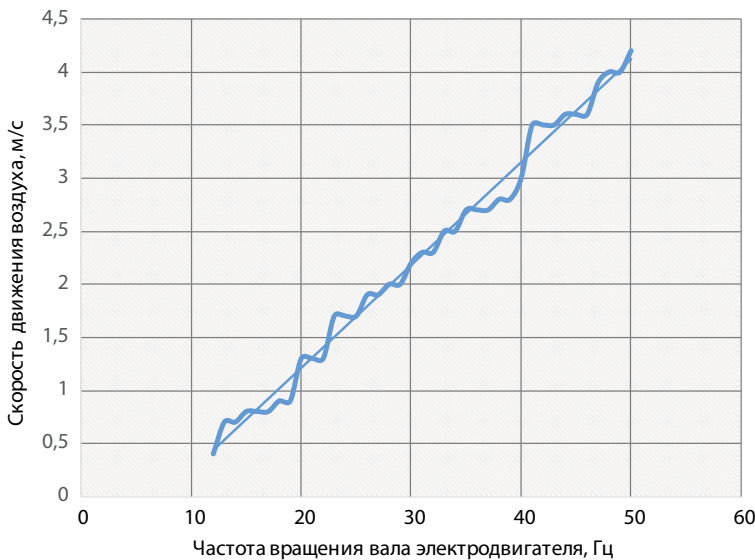


Рис. 2. График зависимости скорости движения воздуха от частоты вращения вала электродвигателя

– наработать значения скорости движения воздуха для диапазона частот 22–32 Гц и сравнить с расчетными значениями;

– если отличия между значениями минимальные (0,1–0,2 м/с), то данные, полученные от анемометра, достаточны, и метод интерполяции можно продолжить, если же нет – наработать еще 10 значений скоростей и повторить сравнение. Полученные данные были сформированы в табл. 1 и график зависимости (рис. 2).

При помощи графика зависимости скорости движения воздуха от частоты вращения вала электродвигателя

можно определить скорость вращения для частот, которые не указаны в таблице, или же определить частоту вращения по имеющейся скорости движения воздуха. Максимальная скорость движения воздуха, которую возможно получить внутри лабораторной установки, – 4,2 м/с.

Поскольку скорость движения воздуха, полученная в лабораторной установке, удовлетворяет максимальному значению скорости движения воздуха в шахте (основываясь на исследованиях пульсирующей вентиляции) и равна 3–4 м/с [12, 13, 14], данную лабораторную установку можно использовать в исследовании.

ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОСАЖДЕНИЮ ПЫЛИ

Ввиду того, что в работе применяются не только технологии, связанные с пылеосаждением, но и технологии, которые никогда не применялись для борьбы с пылью, эмпирические исследования будут разделены на этапы.

Моделирование запыленности определенной концентрации и определение скоростей движения воздуха, при которых будет осуществляться равномерное распределение пыли в коробе лабораторной установки

Для данного этапа эксперимента из подготовленной пробы пыли отбирают 10 навесок с диаметром частиц до 10 мкм и массой, равной 0,3 мг. Использование приведенной массы обусловлено значением ПДК (0,3 мг/м³) для неорганической пыли горнодобывающего производства. Полученную навеску распыляют, засыпая ее при помощи воронки, расположенной в верхней части бокса. Используя электродвигатель и крыльчатку, моделирующие скорость движения воздуха, подбираем необходимую скорость, основываясь на значениях концентрации пыли.

Подбор скорости начинается с 0,4 м/с. Значение концентрации замеряется в течение 5 мин (время выбрано согласно теории проведения экспериментов). Подбор скорости движения воздуха заканчивается, когда значение концентрации будет равно 0,3 мг/м³. Результаты записываются в протокол измерений. Пример протокола измерений приведен в табл. 2.

В указанном выше протоколе проведены исследования 10 скоростей движения воздуха. Поскольку значение концентраций пыли не выведено в требуемое значение – 0,3 мг/м³, эксперимент требуется продолжить. Требуется провести еще 10 измерений. Если значение концентрации по-прежнему будет меньше 0,3 мг/м³, то скорость движения воздуха увеличивается, пока искомое значение концентрации пыли не будет получено.

Таблица 1

Таблица соотношения частоты вращения двигателя со скоростью движения воздуха

Практические данные		Теоретические данные		Практические данные		Теоретические данные	
Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)	Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)	Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)	Частота (Гц)	Скорость движения воздуха (м/с)
12	0,4	12	0,4	32	2,3	32	2,42
13	0,7	13	0,7	33	2,5	33	2,52
14	0,7	14	0,7	34	2,5	34	2,57
15	0,8	15	0,8	35	2,7	35	2,71
16	0,8	16	0,8	36	2,7	36	2,72
17	0,8	17	0,8	37	2,7	37	2,79
18	0,9	18	0,9	38	2,8	38	2,8
19	0,9	19	0,9	39	2,8	39	2,81
20	1,3	20	1,3	40	3	40	3,1
21	1,3	21	1,3	41	3,5	41	3,45
22	1,3	22	1,3	42	3,5	42	3,47
23	1,7	23	1,7	43	3,5	43	3,5
24	1,7	24	1,7	44	3,6	44	3,61
25	1,7	25	1,7	45	3,6	45	3,61
26	1,9	26	1,9	46	3,6	46	3,71
27	1,9	27	1,9	47	3,9	47	3,91
28	2	28	2,02	48	4	48	4,01
29	2	29	2,1	49	4	49	4,11
30	2,2	30	2,21	50	4,2	50	4,21
31	2,3	31	2,31	-	-	-	-

Таблица 2

Пример протокола измерений концентраций пыли при засыпке в короб 0,3 мг пыли

Номер измерения	Скорость движения воздуха, м/с	Время измерения, мин	Среднее значение концентрации, мг/м ³	Максимальное значение концентрации, мг/м ³
1	0,4	5	0,02	0,02
2	0,7	5	0,03	0,02
3	0,7	5	0,03	0,035
4	0,8	5	0,03	0,035
5	0,8	5	0,03	0,04
6	0,8	5	0,03	0,04
7	0,9	5	0,04	0,05
8	0,9	5	0,04	0,05
9	1,3	5	0,04	0,05
10	2,3	5	0,04	0,06

Таблица 3

Моделирование осаждения пыли определенной концентрации и подсчет времени осаждения этой пыли

После получения требуемого значения концентрации пыли в 1 м³ асинхронный двигатель выключается, и после полной остановки крыльчатки замеряется время осаждения пыли. Основным индикатором завершения эксперимента является значение концентрации пыли, уменьшенное в 10 раз (при достижении концентрации пыли, равной 0,03 мг/м³, эксперимент считается завершенным). Далее производится фиксирование времени осаждения и запись значения в протокол измерений. Пример такого протокола представлен табл. 3.

После определения времени осаждения пыли, концентрация которой равна значению ПДК, требуется определить время осаждение пыли при увеличенной

Пример протокола измерений времени осаждения пыли концентрацией 0,3 мг/м³

Номер измерения	Скорость взметывания, м/с	Значение концентрации, мг/м ³	Время осаждения, мин
1	3,9	0,3	15,5
2	3,9	0,3	16,4
3	3,9	0,3	14,9
...

концентрации исследуемой пыли. Эксперимент проводится с концентрацией пыли в воздухе лабораторной установки, увеличенной в 2, 3, 4, 5, 10, 15 и 20 раз согласно этапам 1 и 2.

После получения времени осаждения пыли для указанных выше концентраций производится интерполяция для поиска промежуточных показателей. Такой способ позво-

лит построить график зависимости времени осаждения пыли от ее концентрации и даст возможность наиболее точно определить время осаждения пыли в исследуемой зоне.

Основной задачей данного эксперимента является определение времени осаждения пыли в лабораторной установке объемом 1 м³ без использования перемешивания воздушным потоком (скорость воздуха в установке стремится к 0 м/с) различных концентраций пыли в диапазоне от ПДК – 20ПДК.

ВЫВОДЫ

Существенное повышение добычи угля, которое наблюдается в последние десятилетия в мировой практике, неизбежно попутно несет повышение пылевой нагрузки в зоне производства горных и сопутствующих им работ. Решение проблемы снижения пылевой нагрузки на фоне повышения показателей добычи остается острой актуальной научной задачей. Одним из перспективных научных направлений является повышение эффективности уже существующих способов и методов, поскольку они позволяют решать проблему с наименьшими материальными и временными ресурсами.

Разработка основ пылеподавления на базе перспективного метода пульсирующей вентиляции в совокупности с орошением позволит отчасти решить эту проблемы. На стадии предварительной оценки его эффективности следует провести лабораторные исследования. Элементы проработки программы и методики их проведения приведены в статье. Полученные результаты предстоящих лабораторных исследований должны позволить ответить на вопрос целесообразности предлагаемого метода повышения эффективности и степени повышения эффективности. Положительные результаты лабораторных изысканий позволят обосновать проведение работ в натуральных условиях и получить материал для разработки организационных и технических рекомендаций по повышению аэрологической безопасности угольных шахт [4, 15], а также повышению эффективности работы выемочных участков [16, 17].

На данном этапе исследования решены следующие задачи:

- разработана методика по проведению эксперимента по осаждению пыли горнодобывающего производства;
- разработан процесс определения скорости движения воздуха относительно частоты вращения вала электродвигателя;
- получена первичная информация о поведении пыли в лабораторной установке;
- определены этапы проведения эксперимента;
- будущие исследования будут направлены на оценку поведения пыли при воздействии на нее пульсирующей вентиляции, орошения и ультразвука (для увеличения эффективности коагуляции).

Список литературы

1. Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries / A.E. Filin, O.M. Zinovieva, L.A. Kolesnikova et al. // Eurasian Mining. 2018. No 1. P. 31-34.
2. Архипов И.А., Филин А.Э. Анализ состояния аварийности на угольных предприятиях России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 1. С. 208-215.
3. Анализ причин взрывов, вспышек и воспламенений метана в угольных шахтах России в 2005-2019 гг. / Е.И. Кабанов, Г.И. Коршунов, А.В. Корнев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2-1. С. 18-29.
4. Развитие пульсирующей вентиляции в горном производстве / А.Э. Филин, Т.И. Овчинникова, О.М. Зиновьева и др. // Горный журнал. 2020. № 3. С. 67-71.
5. Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Оценка влияния повторно используемых выработок на аэрологические риски на угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2-1. С. 40-53.
6. Баловцев С.В. Оценка аэрологического риска аварий на выемочных участках угольных шахт, опасных по взрывам газа и пыли // Горный журнал. 2015. № 5. С. 91-93.
7. Обоснование рациональных параметров обеспыливающей обработки угольного массива в шахтах / О.В. Скопинцева, А.С. Вертинский, С.В. Иляхин и др. // Горный журнал. 2014. № 5. С. 17-20.
8. Оценка прогнозной запыленности в забоях угольных шахт с учетом особенностей смачиваемости угольной пыли / А.В. Корнев, Н.В. Ледяев, Е.И. Кабанов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6-2. С. 115-134.
9. Разработка методики измерений гранулометрического состава угольной пыли методом лазерной дифракции / В.А. Красилова, С.А. Эпштейн, Е.Л. Коссович и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 2. С. 5-16.
10. Analysis of methane and dust explosions in modern coal mines in Russia / V.V. Smirnyakov, V.V. Smirnyakova, D.S. Pekarchuk et al. // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2019. Vol. 10. P. 1917-1929.
11. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines / V. Rodionov, M. Tumanov, I. Skripnik et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 981(3).
12. Numerical simulation study on dust pollution characteristics and optimal dust control air flow rates during coal mine production / Xiu Zihao, Nie Wen, Yan Jiayi et al. // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 248. 119197.
13. Experimental research of particle size and size dispersity on the explosibility characteristics of coal dust / Q. Li, K. Wang, Y. Zheng et al. // Powder Technology. 2016. Vol. 292. P. 290-297.
14. Kornev A.V., Korshunov G.I., Kudelas D. Reduction of dust in the longwall faces of coal mines: Problems and perspective solutions // Acta Montanistica Slovaca. 2021. Vol. 26. P. 84-97.
15. Баловцев С.В., Скопинцева О.В., Куликова Е.Ю. Иерархическая структура аэрологических рисков в угольных шахтах // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14. № 2. С. 276-285.
16. Резервы повышения эффективности работы выемочных участков угольных шахт / К.Н. Копылов, С.С. Кубрин, И.М. Загоршменный и др. // Уголь. 2019. № 3. С. 46-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-46-49.
17. Имитационное моделирование режимов работы оборудования комплексно-механизированного забоя угольной шахты / С.С. Кубрин, С.Н. Решетняк, И.М. Загоршменный и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14. № 2. С. 286-294.

Original Paper

UDC 622.411.5 © A.E. Filin, I.Yu. Kurnosov, L.A. Kolesnikova, T.I. Ovchinnikova, A.S. Kolesnikov, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 67-72
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-67-72>

Title**DESCRIPTION OF THE METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN EXPERIMENT ON DUST DEPOSITION OF MINING AND METALLURGICAL PRODUCTION****Authors**

Filin A.E.¹, Kurnosov I.Yu.¹, Kolesnikova L.A.^{1,2}, Ovchinnikova T.I.¹, Kolesnikov A.S.³

¹ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

² Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 117997, Russian Federation

³ Mukhtar Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, 160012, Republic of Kazakhstan

Authors information

Filin A.E., Doctor of Engineering Science, Professor, e-mail: aleks_filin@bk.ru

Kurnosov I.Yu., Assistant, e-mail: kurnosovilya@yandex.ru

Kolesnikova L.A., PhD (Economic), Associate Professor, e-mail: luzu@yandex.ru

Ovchinnikova T.I., Doctor of Engineering Science, Professor, e-mail: ovchinnikova_ti@mail.ru

Kolesnikov A.S., PhD (Engineering), Professor, e-mail: kas164@yandex.kz

Abstract

In modern mining operations, there are various ways to reduce dust concentrations in one volume or another. Usually it is necessary to dedust mine workings, warehouses, technological rooms with high-precision equipment and many others. But not infrequently one has to face with the impossibility to carry out work on reduction of dust concentration because of technological costs. Therefore, the study of mass transfer processes, development of measures and facilities to control dust concentration is relevant in today's technological society.

At the beginning of the study of dust mass transfer processes in a mining enterprise it was required not only to make theoretical calculations, but also to obtain empirical values and indicators. Since these studies are based on experimental values, the methodology of these experiments was developed.

The methodology described in this paper is based on studies of pulsatile aerosol ventilation, dust aeration and the methodology of the experiments. According to this methodology it is planned to conduct experiments on dust deposition of different concentrations in order to obtain the values of the deposition time of this dust. The results obtained by this technique will be used in further experiments on dust deposition, as the basic parameters of the dusty environment.

Keywords

Dust, Technique, Experiment, Dust pollution, Mass transfer, Dust deposition, Sample preparation, Dust grinding, Dust deposition time, Dust concentration.

References

1. Filin A.E., Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A. & Merkulova A.M. Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries. *Eurasian Mining*, 2018, (1), pp. 31-34.
2. Arhipov I.A. & Filin A.E. Accident rate analysis in coal mines in Russia. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2019, (1), pp. 208-205. (In Russ).
3. Kabanov E.I., Korshunov G.I., Kornev A.V. & Myakov V.V. Analysis of the causes of methane explosions, flashes and ignitions at coal mines of Russia in 2005-2019. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2021, (2-1), pp. 18-29. (In Russ).
4. Filin A.E., Ovchinnikova T.I., Zinovieva O.M. & Merkulova A.M. Advance of pulsating ventilation in mining. *Gornyi Zhurnal*, 2020, (3), pp. 67-71. (In Russ).
5. Balovtsev S.V. & Skopintseva O.V. Assessment of the influence of returned mines on aerological risks at coal mines. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2021, (2-1), pp. 40-53. (In Russ).

6. Balovtsev S.V. Aerological risk assessment in working areas of gas and dust explosion-hazardous coal mines. *Gornyi Zhurnal*, 2015, (5), pp. 91-93. (In Russ).

7. Skopintseva O.V., Vertinskiy A.S., Ilyakhin S.V., Savelev D.I. & Prokopovich A.Yu. Substantiation of efficient parameters of dust-controlling processing of coal mass in mines. *Gornyi Zhurnal*, 2014, (5), pp. 17-20. (In Russ).

8. Kornev A.V., Ledyayev N.V., Kabanov E.I. & Korneva M.V. Estimation of predictive dust content in the faces of coal mines taking into account the peculiarities of the wettability of coal dust. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2022, (6-2), pp. 115-134. (In Russ).

9. Krasilova V.A., Epshtein S.A., Kossovich E.L., Kozyrev M.M. & Ionin A.A. Development of method for coal dust particle size distribution characterization by laser diffraction. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2022, (2), pp. 5-16. (In Russ).

10. Smirnyakov V.V., Smirnyakova V.V., Pekarchuk D.S. & Orlov F.A. Analysis of methane and dust explosions in modern coal mines in Russia. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 2019, (10), pp. 1917-1929.

11. Rodionov V., Tumanov M., Skripnik I., Kaverzneva T. & Pshenichnaya C. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, 981(3).

12. Zihao Xiu, Wen Nie, Jiayi Yan, Dawei Chen, Peng Cai, Qiang Liu, Tao Du & Bo Yang. Numerical simulation study on dust pollution characteristics and optimal dust control air flow rates during coal mine production. *Journal of Cleaner Production*, 2020, (248), 119197.

13. Li Q., Wang K., Zheng Y., Ruan M., Mei X. & Lin B. Experimental research of particle size and size dispersity on the explosibility characteristics of coal dust. *Powder Technology*, 2016, (292), pp. 290-297.

14. Kornev A.V., Korshunov G.I. & Kudelas D. Reduction of dust in the longwall faces of coal mines: Problems and perspective solutions. *Acta Montanistica Slovaca*, 2021, (26), pp. 84-97.

15. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V. & Kulikova E.Yu. Hierarchical structure of aerological risks in coal mines. *Ustojchivoe razvitie gornykh territorij*, 2022, (14), pp. 276-285. (In Russ).

16. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Zakorshmenniy I.M. & Reshetniak S.N. Reserves of increase of efficiency of coal extraction sections of coal mines. *Ugol'*, 2019, (3), pp. 46-49. (In Russ). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-46-49.

17. Kubrin S.S., Reshetnyak S.N., Zakorshmenniy I.M. & Karpenko S.M. Simulation modeling of equipment operating modes of complex mechanized coal mine face. *Ustojchivoe razvitie gornykh territorij*, 2022, (14), pp. 286-294. (In Russ).

For citation

Filin A.E., Kurnosov I.Yu., Kolesnikova L.A., Ovchinnikova T.I. & Kolesnikov A.S. Description of the methodology for conducting an experiment on dust deposition of mining and metallurgical production. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 67-72. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-67-72.

Paper info

Received June 29, 2022

Reviewed July 20, 2022

Accepted August 25, 2022

Влияние горения угольной пыли на интенсивность ударной волны от аварийного взрыва метана в шахте*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-73-78>

Угольная пыль в угледобывающих шахтах присутствует всегда и является источником повышенной пожарной опасности. Не решен вопрос о влиянии сгорания угольной пыли на взрывобезопасные расстояния при опасности аварийного взрыва метана. В статье представлены результаты расчетно-теоретического анализа влияния распространения пламени по газозвеси угольной пыли, поднятой со стенок выработок при прохождении ударной волны от аварийного взрыва метана в подготовительной выработке. Проанализированы варианты, когда установленные в подготовительной выработке водяные заслоны сработали или не сработали. Установлено, что при распространении фронта горения по газозвеси угольной пыли после взрыва метана позади ударной волны поддерживается повышенное давление. Поэтому ударная волна имеет интенсивность чуть большую, чем в случае, когда угольная пыль не горит. Водяные заслоны обеспечивают существенное снижение интенсивности ударной волны. Предложенный подход может быть полезен для практического применения при анализе влияния горения угольной пыли на интенсивность ударной волны в угольных шахтах при аварийных взрывах метана.

Ключевые слова: аварийный взрыв метана, ударная волна, горение газозвеси угольной пыли, водяные заслоны, численное моделирование.

Для цитирования: Влияние горения угольной пыли на интенсивность ударной волны от аварийного взрыва метана в шахте / А.Ю. Крайнов, О.Ю. Лукашов, К.М. Моисеева, и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 73-78. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-73-78.

ВВЕДЕНИЕ

При прохождении подготовительных выработок для организации плановых работ разработки угольных пластов существует повышенная опасность скопления метана в тупиковой подготовительной выработке. На стенках подготовительной выработки в процессе работ накапливается угольная пыль. При аварийном взрыве метана в области вблизи тупика подготовительной выработки в ней распространяется ударная волна (УВ). Она поднимает со стенок отложения угольной пыли, которая, попадая в высокотемпературные зоны взрыва, воспламеняется, горит и вносит определенный вклад в интенсивность распространяющейся по выработкам взрывной волны. Поэтому для оценки безопасных расстояний необходимо учитывать горение угольной пыли.

КРАЙНОВ А.Ю.

Заведующий кафедрой математической физики ТГУ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 634050, г. Томск, Россия, e-mail: akrainov@ftf.tsu.ru

ЛУКАШОВ О.Ю.

Директор ООО «ШАХТЭКСПЕРТ-системы», 650065, г. Кемерово, Россия, e-mail: olukashov@gmail.com

МОИСЕЕВА К.М.

Доцент кафедры математической физики ТГУ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 634050, г. Томск, Россия, e-mail: moiseeva_km@t-sk.ru

КОЛЕГОВ Г.А.

Аспирант кафедры математической физики ТГУ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 634050, г. Томск, Россия, e-mail: zergferr@gmail.com

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 21-71-10034.

Экспериментальные результаты исследования волн горения, взрывных и детонационных волн в системах метан – воздух – угольная пыль, метан – кислород – угольная пыль содержатся в работах [1, 2]. В [3] экспериментально исследовано распространение пламени в газозвесах угольной пыли различной дисперсности при взрыве в трубе с поворотом. Была установлена возможность возникновения повторного взрыва в трубе и показано [3], что взрыв газа может вызвать взрыв поднятой пыли. В [4] экспериментально исследованы характеристики распространения пламени в угле – метано – воздушной смеси в условиях разветвленной сети труб. Исследовалось влияние дисперсности угольной пыли на величину избыточного давления и на скорость распространения пламени в трубопроводе. В работе [5] проведено исследование взрывоопасности угольной пыли. Проанализирована скорость роста давления в сферическом объеме в зависимости от дисперсности угольной пыли.

В подготовительных выработках в обязательном порядке расставляются водяные или сланцевые заслоны [6]. При взаимодействии УВ с заслонами она частично отражается, что приводит к уменьшению интенсивности прошедшей за заслон УВ. За счет частичного смачивания стен выработки при разрыве полиэтиленовых мешков водяного заслона или частичного оседания сланцевой пыли на стенки угольная пыль на стенах смачивается или разбавляется инертной пылью, что понижает ее способность к воспламенению во фронте пламени.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки влияния горения угольной пыли на интенсивность УВ при аварийном взрыве метана в тупике подготовительной выработки ставится задача математического моделирования распространения УВ с учетом горения угольной пыли в подготовительной выработке и примыкающей к действующей сквозной выработке. Схема выработок представлена на рис. 1.

Пусть в прямолинейной тупиковой выработке произошел взрыв скопления метана. На стенках выработки имеются отложения угольной пыли с известной поверхностной плотностью. В подготовительной выработке установлены водяные заслоны. После взрыва впереди расширяющейся зоны, занятой раскаленными продуктами взрыва, распространяется воздушная УВ, которая поднимает пыль со сте-

нок выработки и вовлекает ее в движение. За УВ возникает зона запыления газа. Частицы, находящиеся вблизи зоны продуктов взрыва, нагреваются за счет кондуктивного и турбулентного теплопереноса и излучения из высокотемпературной зоны продуктов взрыва. В прогретой области зоны запыления всегда имеется достаточное количество кислорода, в котором нагретые частицы воспламеняются. Горение пыли приводит к локальному повышению давления газа, что сказывается на интенсивности взрывной волны и характере ее затухания. Предполагается, что в зоне расположения заслонов после их срабатывания от воздействия УВ угольная пыль смачивается водой или инертизуется сланцевой пылью и не горит.

Математическая модель движения и горения газопылевой среды в выработке была построена на основе уравнений газовой динамики и механики дисперсных сред в односкоростном и однотемпературном приближении и подробно представлена в [7, 8, 9]. Система уравнений математической модели [7, 8] описывает движение пылегазовой смеси вдоль выработок с учетом того, что в запыленной среде распространяется волна горения по газозвеси. В области, где расположены водяные заслоны, эти уравнения описывают движение аэрозоля воды (взвеси сланцевой пыли) вдоль выработок с учетом ее частичного осаждения на стенки. В модели [7, 8] скорость распространения волны горения по газозвеси и скорость горения частицы угольной пыли являются параметрами модели. В [10] показано, что линейная скорость горения частиц угольной пыли в диффузионном режиме – квазистационарная величина. Как показывают исследования горения газозвесей [11], скорость распространения ламинарного пламени в покоящейся газозвеси угольных частиц имеет величину в интервале 0,5-2,0 м/с. Наличие турбулентности в газовом потоке увеличивает скорость распространения пламени в газозвеси до десятков метров в секунду.

Система уравнений решается с использованием модифицированной программы ЭВМ [12]. Расчеты проводились при следующих исходных данных: начальное давление и температура в выработках $p_0 = 0,10132$ МПа, $T_0 = 300$ К, давление и температура в зоне взрыва метановоздушной смеси $p_b = 0,304$ МПа, $T_b = 930$ К, теплота сгорания одного килограмма угольной пыли (с учетом инертных примесей)

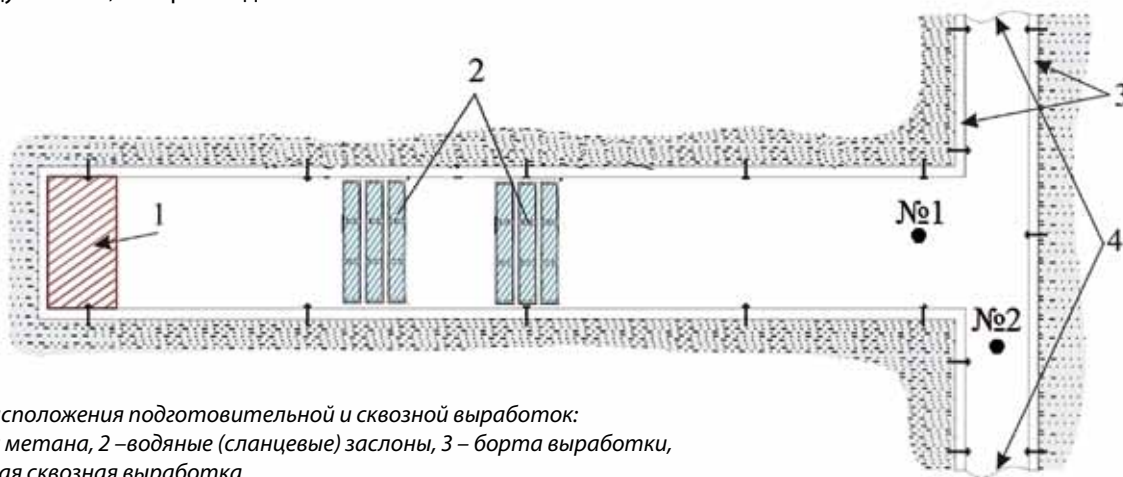


Рис. 1. Схема расположения подготовительной и сквозной выработок:
1 – зона взрыва метана, 2 – водяные (сланцевые) заслоны, 3 – борта выработки,
4 – действующая сквозная выработка

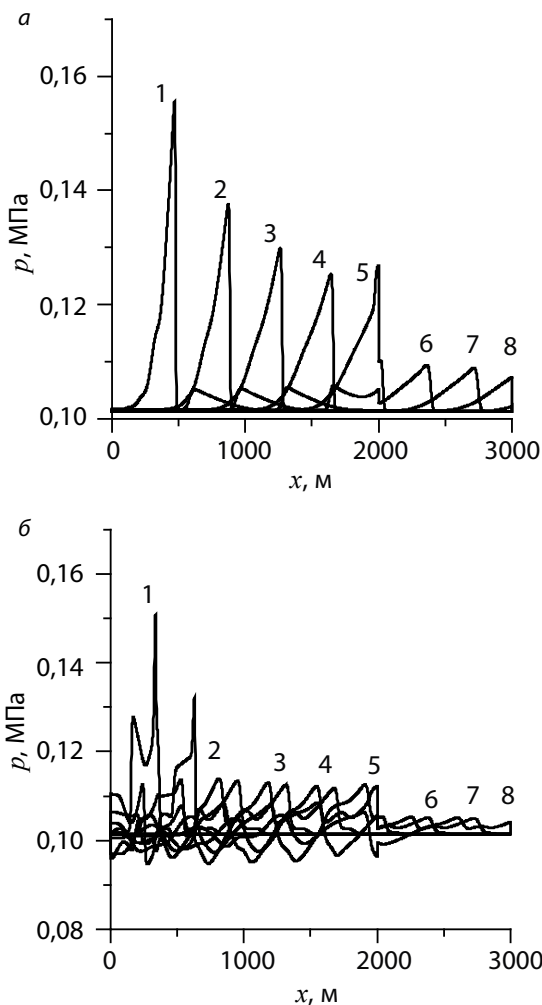


Рис. 2. Распределение давления по длине подготовительной и ветвях сквозной выработок в фиксированные моменты времени с интервалом 1 с: а – вариант 1, б – вариант 2

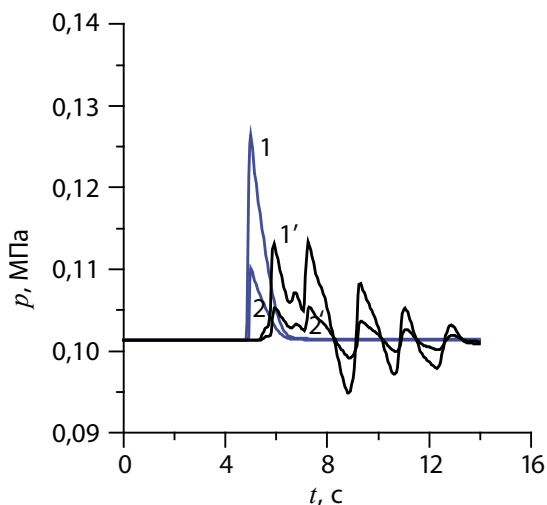


Рис. 3. Изменение давления во времени в контрольных точках: 1, 1' – контрольная точка № 1; 2, 2' – контрольная точка № 2. Синие линии – водяные заслоны отсутствуют, черные линии – водяные заслоны установлены и полностью сработали

$Q_{\psi} = 10$ МДж/кг, площадь сечения выработок $S = 10$ м², периметр поперечного сечения выработок $\Pi = 12$ м, средний размер частиц угольной пыли $r_{p,0} = 20 \cdot 10^{-6}$ м, начальная распределенная плотность угольной пыли в газовзвеси $\rho_{3,u} = 0,1$ кг/м³, скорость распространения волны горения относительно газовзвеси $U_f = 10$ м/с, линейная скорость горения частицы угля $a_1 = 2,5 \cdot 10^{-5}$ м/с, начальная распределенная плотность воды (пыли) после срабатывания заслона $\rho_{3,w} = 15$ кг/м³, область загазования метаном от тупика $x_0 = 0$ м до координаты $x_1 = 30$ м, область установки водяного (сланцевого) заслона: первый заслон от $x_2 = 300$ м до $x_3 = 340$ м, второй заслон от $x_4 = 600$ м до $x_5 = 640$ м, длина подготовительной выработки $L_1 = 2000$ м, длина правой и левой ветвей сквозной выработки $L_2 = L_3 = 2000$ м. Теплофизические характеристики воздуха и угля справочные.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представленная в [7, 8] математическая модель позволяет изучить взаимодействие УВ с водяными и сланцевыми заслонами, влияние горения угольной пыли на интенсивность УВ от аварийного взрыва метана. Были выбраны следующие варианты расчетов развития взрыва в подготовительной выработке и распространения УВ в подготовительной и сквозной выработках:

1. Взрыв метана в тупике подготовительной выработки с длиной загазования 30 м.

2. Взрыв метана в тупике подготовительной выработки с длиной загазования 30 м и взаимодействие УВ с двумя водяными заслонами, начала которых расположены на расстоянии 300 м и 600 м от тупика выработки, длиной 40 м каждый. Заслоны обеспечивают распределенную плотность воды $\rho_{3,w} = 15$ кг/м³. В процессе движения аэрозоля воды вдоль выработки капли аэрозоля оседают на стенки выработки.

3. Взрыв метана в тупике подготовительной выработки с длиной загазования 30 м и распространение фронта горения по газовзвеси угольной пыли от координаты 30 м до координаты 300 м.

4. В этом варианте приняты параметры, как в варианте 2, и дополнительно учитывается распространение фронта горения по газовзвеси угольной пыли от координаты 30 м до координаты 300 м.

В процессе расчетов контролировалось изменение давления в двух контрольных точках, расположенных в подготовительной выработке на расстоянии 10 м от сопряжения (контрольная точка № 1) и в сквозной выработке на расстоянии 10 м от сопряжения (контрольная точка № 2, см. рис. 1). Результаты расчетов представлены на рис. 2, 3, 4, 5, 6.

Из сравнения вариантов расчетов 1 и 2 (см. рис. 2) следует, что при взаимодействии с двумя водяным заслонами УВ частично отражается от более плотной газок капельной среды, частично проходит. Прошедшая за заслон УВ имеет меньшую интенсивность. Отраженная волна достигает тупика выработки, отражается и идет вслед первой волне. Прошедшая УВ частично отражается от второго заслона, движется в обратном направлении и взаимодействует с остатками облака аэрозоли воды первого заслона. Развивается сложная газодинамическая картина. В контрольных точках № 1 и № 2 фиксируется несколько пиков давления (см. рис. 3). В контрольной точке № 2 при установке водяных заслонов избыточное давление меньше предельно допустимого для персонала шахты (установленная допустимая величина избыточного давления в УВ не выше 6 кПа [6]).

Из сравнения вариантов расчетов 1 и 3 (см. рис. 2, а и рис. 4) следует, что при распространении фронта горения по газовзвеси уголь-

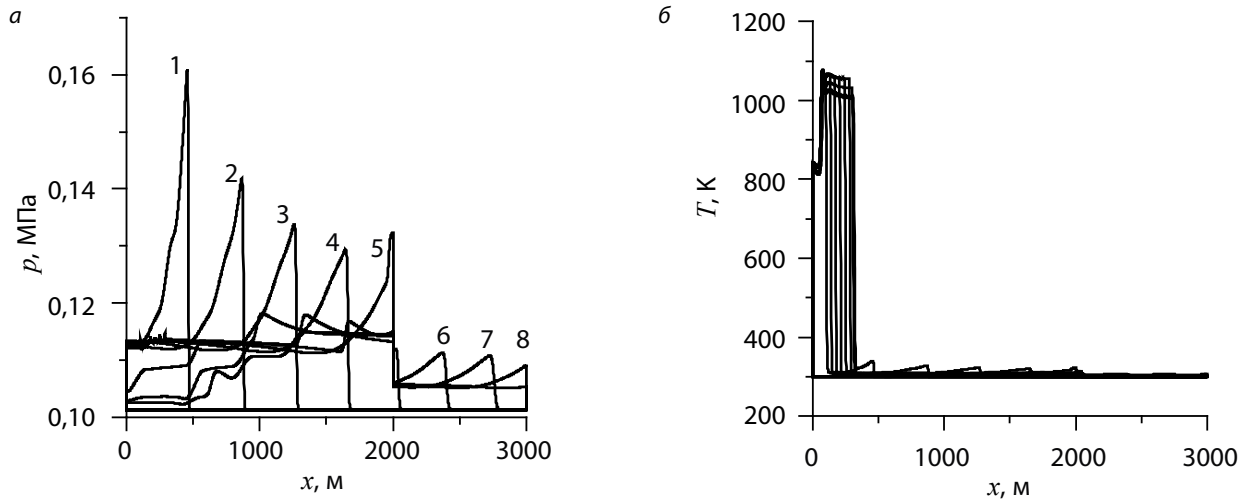


Рис. 4. Распределение давления (а) и температуры (б) по длине подготовительной и ветви сквозной выработок в фиксированные моменты времени с интервалом 1 с. Вариант 3

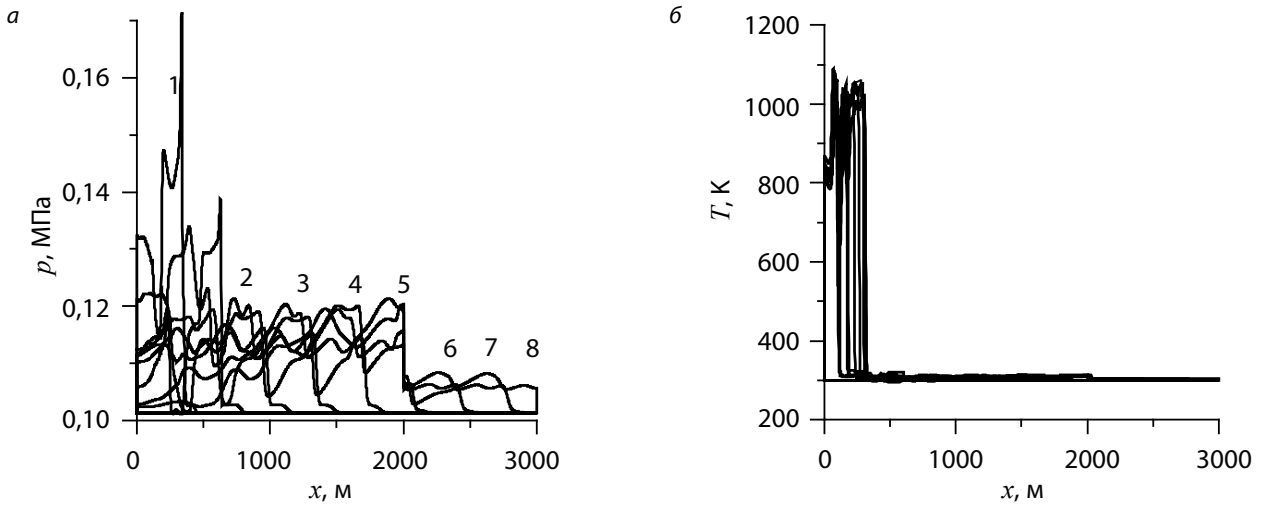


Рис. 5. Распределение давления (а) и температуры (б) по длине подготовительной и ветви сквозной выработок в фиксированные моменты времени с интервалом 1 с. Вариант 4

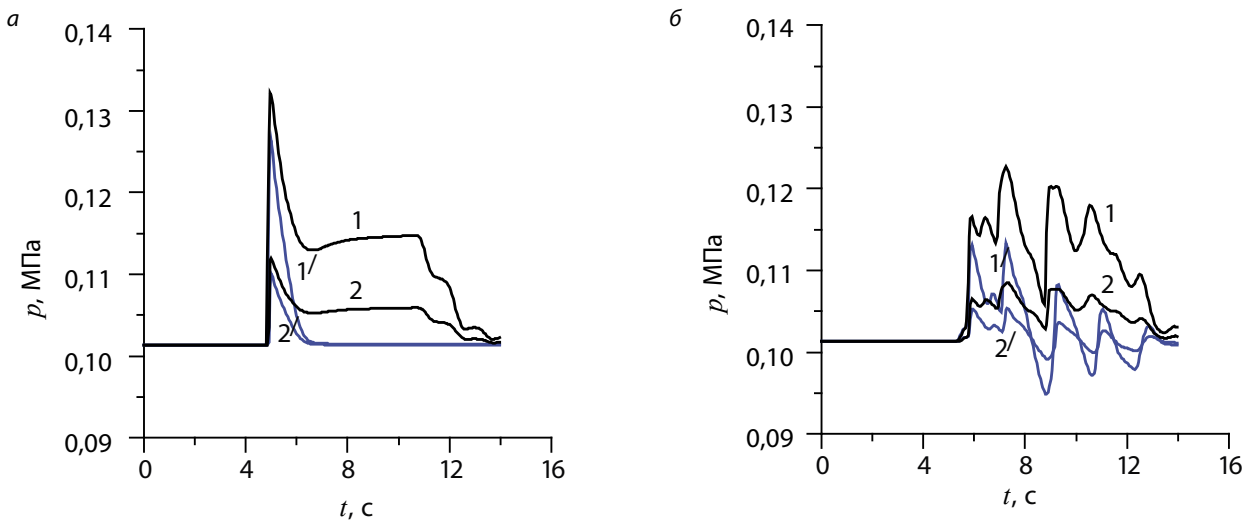


Рис. 6. Изменение давления во времени в контрольных точках: 1, 1' – контрольная точка № 1; 2, 2' – контрольная точка № 2. Синие линии – угольной пыли нет, черные линии – угольная пыль горит; а – водяные заслоны отсутствуют (или не сработали); б – водяные заслоны установлены и полностью сработали

ной пыли после взрыва метана УВ, распространяющаяся по выработкам, имеет большую интенсивность. В рассмотренных вариантах избыточное давление во фронте УВ на 20% выше, чем в случае, когда угольная пыль не горит. За УВ формируется зона повышенного давления (см. рис. 4, а), которой нет, когда взвесь угольной пыли не горит (см. рис. 2). В участке, где сгорела газовзвесь угольной пыли, образовалась область высокой температуры (см. рис. 4, б). В контрольных точках № 1 и № 2 избыточное давление превышает предельно допустимое для персонала шахты. В контрольных точках № 1 и № 2 при горении взвеси угольной пыли фиксируется повышенное давление, по сравнению с вариантом, когда угольная пыль не горит, повышенное давление в контрольных точках существует дольше во времени (см. рис. 6, а).

Из сравнения вариантов расчетов 3 и 4 (см. рис. 4 и рис. 5) видно, что динамика взаимодействия УВ с двумя водяными заслонами аналогична варианту 2. При этом средний уровень давления за УВ в вариантах 3 и 4 выше из-за горения угольной пыли. В контрольных точках № 1 и № 2 фиксируется несколько пиков давления (см. рис. 6, б). В контрольной точке № 2 при установке водяных заслонов избыточное давление меньше предельно допустимого для персонала шахты.

Из сравнения результатов расчетов выбранных вариантов можно отметить следующее. При срабатывании водяных заслонов интенсивность УВ уменьшается. Горение газовзвеси угольной пыли за УВ от аварийного взрыва метана повышает величину и время воздействия избыточного давления в выработках шахты.

Из сравнения вариантов 1 и 2 (когда после взрыва метана в выработках есть или нет водяных заслонов) видно, что в случае отсутствия водяных заслонов в сквозной выработке интенсивность воздушной УВ превышает безопасную для персонала шахты величину. При срабатывании водяных заслонов интенсивность УВ в сквозной выработке не превышает опасного уровня (см. рис. 2, а, б и рис. 3, кривая 2').

В расчетах было принято, что при взрыве заданного количества метана выделилось 160 МДж тепла. В вариантах 3 и 4, в которых происходит распространение пламени по газовзвеси угольной пыли, после ее сгорания выделяется 825 МДж тепла. Выделившейся теплоты от сгорания угольной пыли в пять раз больше, чем от взрыва метана. Однако при взрыве метана в зоне взрыва повышается давление, и начинает распространяться УВ со скоростью звука. Скорость распространения пламени по газовзвеси угольной пыли во много раз меньше скорости звука. В связи с этим УВ от взрыва метана успевает распространиться на большое расстояние, и лишь небольшие возмущения давления от сгорания угольной пыли движутся вслед за первой УВ, догоняют ее и поддерживают ее интенсивность. Интенсивность УВ в случае горения газовзвеси угольной пыли позади УВ всегда немного выше. Как показывают расчеты вариантов 1 и 3, это превышение небольшое.

Представленная в [7, 8] модель имеет в качестве параметров согласования с экспериментом две величины – скорость распространения волны горения и скорость горения частицы пыли. Как показывают расчеты, а также

данные [7, 8], линейная скорость горения частицы угольной пыли слабо влияет на скорость распространения пламени относительно стенок выработок. Основным параметром, влияющим на скорость распространения пламени, является скорость распространения волны горения относительно газовзвеси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный расчетно-теоретический анализ влияния распространения пламени по газовзвеси угольной пыли, поднятой со стенок выработок при прохождении ударной волны от аварийного взрыва метана в подготовительной выработке, показал, что горение взвеси угольной пыли после аварийного взрыва метана влияет на интенсивность УВ. Установлено, что при распространении фронта горения по газовзвеси угольной пыли после взрыва метана за ударной волной поддерживается повышенное давление. Ударная волна, распространяющаяся по выработкам, имеет интенсивность чуть большую, чем в случае, когда угольная пыль не горит. Водяные заслоны обеспечивают существенное снижение интенсивности ударной волны.

Представленная для расчетно-теоретического анализа модель, в которой используется величина скорости распространения пламени относительно неподвижной газовзвеси угольной пыли, определенная из экспериментальных данных, может быть полезна для практического применения при анализе влияния горения угольной пыли на интенсивность УВ в угольных шахтах при аварийных взрывах метана.

Список литературы

1. Пинаев А.В., Пинаев П.А. Изучение сравнительной химической активности метана и взвесей частиц угля при горении, взрывах и детонации // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2019. № 4. С. 5-16.
2. Пинаев А.В., Пинаев П.А. Волны горения и детонации в смесях газов CH_4/Air , CH_4/O_2 , O_2 с взвесями каменного угля // Физика горения и взрыва. 2020. Т. 5. № 6. С. 56-68.
3. Influences of a Pipeline's Bending Angle on the Propagation Law of Coal Dust Explosion Induced by Gas Explosion / Zhang Leilin, Yang Qianyi, Shi Biming et al. // Combustion Science and Technology. 2021. Vol. 193. No. 5. P. 798-811.
4. Methane-Coal Dust Mixed Explosion in Transversal Pipe Networks / Niu Yihui, Zhang Leilin, Shi Biming et al. // Combustion Science and Technology. 2021. Vol. 193. No. 10. P. 1734-1746.
5. Influence of particle size polydispersity on coal dust explosibility / Shang-Hao Liu, Yang-Fan Cheng, Xiang-Rui Meng et al. // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2018. Vol. 56. P. 444-450.
6. Устав военизированной горноспасательной части (ВГСЧ) по организации и ведению горноспасательных работ на предприятиях угольной и сланцевой промышленности. М., 1997. 201 с.
7. Математическое моделирование горения и взрыва высокоэнергетических систем / И.М. Васенин, Э.Р. Шрагер, А.Ю. Крайнов и др. Томск: Издательство Томского университета, 2006. 322 с.
8. Моделирование распространения ударных волн от взрыва и горения газопылевой смеси в угольных шахтах / Д.Ю. Палеев, О.Ю. Лукашов, И.М. Васенин и др. // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов. 2017. № 3. С. 371-377.

9. Ударные волны при взрывах в угольных шахтах / Д.Ю. Палеев, И.М. Васенин, В.Н. Костеренко и др. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр». 2011. 312 с.
10. Основы практической теории горения: учебное пособие для вузов. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 312 с.
11. Krishenik P.M., Rumanov E.N., Shkadinskii K.G. Modeling of combustion wave propagation in a carbon dust/gas mixture // *Combustion and flame*. 1994. № 99. P. 713-722.
12. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2015616516. «Ударная волна» / Лукашов О.Ю., Палеев Д.Ю., Крайнов А.Ю. Правообладатель ООО «ШАХТЭКСПЕРТ-Системы» (RU). Заявка № 2015613051 от 17.04.2015; опублик. 11.06.2015.

Original Paper

UDC 532.593 © A.Yu. Kraynov, O.Yu. Lukashov, K.M. Moiseeva, G.A. Kolegov, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 73-78
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-73-78>

Title

EFFECT OF COAL DUST COMBUSTION ON SHOCKWAVE INTENSITY OF A METHANE EXPLOSION IN AN UNDERGROUND MINE

Author

Kraynov A.Yu.¹, Lukashov O.Yu.², Moiseeva K.M.¹, Kolegov G.A.¹

¹ National Research Tomsk State University, Tomsk, 634050, Russian Federation

² Shakhtekspert-Sistemy LLC, Kemerovo, 650065, Russian Federation

Authors Information

Kraynov A.Yu., Head of the Department of Mathematical Physics, e-mail: akrainov@ftf.tsu.ru

Lukashov O.Yu., Director, e-mail: olukashov@gmail.com

Moiseeva K.M., Associate Professor of the Department of Mathematical Physics, e-mail: moiseeva_km@t-sk.ru

Kolegov G.A., Graduate Student of the Department of Mathematical Physics, e-mail: zergferr@gmail.com

Abstract

Coal dust is always present in coal mines and is a source of increased fire danger. The issue of the effect of coal dust combustion on explosion-proof distances at the risk of an emergency methane explosion has not been resolved. The article presents the results of a computational and theoretical analysis of the effect of flame propagation through the gas suspension of coal dust raised from the walls of the workings during the passage of a shock wave from an emergency explosion of methane in the preparatory development. The variants when the water barriers installed in the preparatory workings worked or did not work are analyzed. It is established that when the combustion front propagates through the coal dust gas suspension after the methane explosion, an increased pressure is maintained behind the shock wave. The shock wave has intensity slightly greater than in the case when coal dust does not burn. Water barriers provide a significant reduction in the intensity of the shock wave. The proposed approach can be useful for practical application in analyzing the effect of coal dust combustion on the intensity of the shock wave in coal mines during emergency methane explosions.

Keywords

Emergency explosion of methane, Shock wave, Combustion of coal dust gas suspension, Water barriers, Numerical modeling.

References

1. Pinaev A.V. & Pinaev P.A. Studies of comparative chemical activity of methane and airborne coal particles during combustion, explosion and detonation. *Vestnik Nauchnogo centra VostNil po promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti*, 2019, (4), pp. 5-16. (In Russ.).
2. Pinaev A.V. & Pinaev P.A. Combustion and detonation waves in H₂/Air, CH₄/O₂, O₂ gas mixtures with air-born hard coal particles. *Fizika goreniya i vzryva*, 2020, Vol. 56, (6), pp. 56-68. (In Russ.).
3. Leilin Zhang, Qianyi Yang, Biming Shi, Yihui Niu & Zheng Zhong. Influences of a Pipeline's Bending Angle on the Propagation Law of Coal Dust Explosion Induced by Gas Explosion. *Combustion Science and Technology*, 2021, Vol. 193, (5), pp. 798-811.

4. Yihui Niu, Leilin Zhang, Biming Shi, Qianyi Yang & Zhen Zhong. Methane-Coal Dust Mixed Explosion in Transversal Pipe Networks. *Combustion Science and Technology*, 2021, Vol. 193, (10), pp. 1734-1746.

5. Shang-Hao Liu, Yang-Fan Cheng, Xiang-Rui Meng, Hong-Hao Ma, Shi-Xiang Song, Wen-Jin Liu & Zhao-Wu Shen. Influence of particle size polydispersity on coal dust explosibility. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2018, (56), pp. 444-450.

6. Charter of the paramilitary mine rescue unit for organization and execution of mine rescue work in operations of the coal and oil shale industries. Moscow, 1997, 201 p. (In Russ.).

7. Vasenin I.M., Schragr E.R., Kraynov A.Yu., Lukashov O.Yu. et al. Mathematical modelling of combustion and explosion of high-energy systems. Tomsk, Tomsk University Publ., 2006, 322 p. (In Russ.).

8. Paleyev D.Yu., Lukashov O.Yu., Vasenin I.M. et al. Modeling of shock wave propagation from explosion and combustion of a gas-dust mixture in coal mines. *Naukoemkie tehnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov*, 2017, (3), pp. 371-377. (In Russ.).

9. Paleyev D.Yu., Vasenin I.M., Kosterenko V.N., Shragr E.R. et al. Shock waves during explosions in coal mines. Moscow, Gornoe Delo Publ., Cimmerian Centre LLC, 2011, 312 p. (In Russ.).

10. Fundamentals of practical combustion theory: A training manual for higher education institutions, Leningrad: Energoatomizdat Publ., 1986, 312 p. (In Russ.).

11. Krishenik P.M., Rumanov E.N. & Shkadinskii K.G. Modeling of combustion wave propagation in a carbon dust/gas mixture. *Combustion and flame*, 1994, (99), pp. 713-722.

12. Lukashov O.Yu., Paleyev D.Yu. & Kraynov A.Yu. Registration Certificate for Computer Software No. 2015616516. "Shock Wave", Right holder: Shakhtekspert-Sistemy LLC (RU). Applic No. 2015613051 dated 17.04.2015; publ. 11.06.2015.

Acknowledgements

This work was financially supported by the Russian Science Foundation, Project No. 21-71-10034.

For citation

Kraynov A.Yu., Lukashov O.Yu., Moiseeva K.M. & Kolegov G.A. Effect of coal dust combustion on shockwave intensity of a methane explosion in an underground mine. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 73-78. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-73-78.

Paper info

Received May 16, 2022

Reviewed July 28, 2022

Accepted August 25, 2022

SAFETY

Создание механизма обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-79-83>

В статье рассмотрены факторы влияния на безопасность труда в угольной промышленности. Выявлено, что газовый фактор играет важную роль при подземной добыче угля. Были рассмотрены основные работы, посвященные проведению заблаговременной дегазации, рассмотрены исследования, направленные на разработку угольных месторождений и добычу метана угольных пластов. Предоставлена необходимость создания механизма государственного заказа на заблаговременную дегазацию высокогазоносных угольных пластов, за счет которого снизятся риски внезапных выбросов метана и взрывов в шахтах, что позволит обеспечить в долгосрочной перспективе инновационный путь развития угольной промышленности России.

Ключевые слова: заблаговременная дегазация, метан из угольных пластов, угольная промышленность, добыча угля, безопасность труда, окружающая среда, высокогазоносные угольные пласты.

Для цитирования: Кузина Е.С. Создание механизма обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля // Уголь. 2022. № 9. С. 79-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-79-83.

КУЗИНА Е.С.

Канд. экон. наук,
старший научный сотрудник
НИИ «Новая экономика и бизнес»
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»,
117997, г. Москва, Россия,
e-mail: elizaveta1991@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сложилась непростая ситуация, когда для развития угольной промышленности необходимо проведение заблаговременной дегазации. Газовый фактор имеет первостепенное значение в подземной добыче угля из высокогазоносных угольных пластов. Современные тенденции развития шахтной угольной добычи характеризуются ростом объемов и производительностью труда при добыче угля, повышением требований безопасности ведения горных работ и охраны окружающей среды на горнодобывающем предприятии, обуславливающими главенствующую роль заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов в создании безопасных условий и повышения производительности труда на шахтах, в первую очередь Кузнецкого и Печорского угольных бассейнов.

Метан угольных пластов, содержащийся в угленосных отложениях, является причиной взрывов в угольных шахтах. Только за период 2000-2021 гг. в угольных шахтах произошел 41 взрыв метана, выделяющегося из угольных пластов в процессе проведения горных работ, при этом погибли 485 человек, серьезные травмы получили 312 горняков [1]. В целях повышения безопасности ведения горных работ Правительством РФ утверждены нормы содержания метана в угольных пластах, шахте и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной и шахтное поле подлежит заблаговременной дегазации, осуществляемой скважинами, пробуренными с поверхности участка недр. Динамика основных событий, связанных с взрывами метана на шахтах Кузбасса, представлена на *рис. 1*.

Наиболее яркими примерами успешного освоения метана угольных пластов и проведения заблаговременной дегазации является опыт Китая, США и Австралии. Крупномасштабная добыча метана угольных пластов производится в США [2],

там уже создана целая промышленность по добыче метана угольных пластов. Австралия также имеет огромный опыт добычи метана угольных пластов и проведения заблаговременной дегазации [3, 4], в стране создан экономико-правовой механизм проведения дегазации угольных пластов. Также Австралия стала передовым поставщиком технологий по добыче метана из угольных пластов [5]. Китай также является крупнейшим разработчиком метана угольных пластов. Промышленная добыча в Китае начата в 1990-е годы и уже на современном этапе фонд скважин составляет более 4000 шт. [2], что способствует развитию газификации регионов страны и применению метана угольных пластов в качестве сжиженного природного газа (СПГ) в промышленности [6].

В табл. 1 представлены шахты с наиболее высоким содержанием метана в угольных пластах.

При этом в России в 2000 г. началась промышленная добыча метана угольных пластов в Кузнецком угольном бассейне, но до сих пор не начались масштабная добыча метана и проведение заблаговременной дегазации, что приводит к постоянным взрывам на шахтах и гибели шахтеров.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Добыча метана из угольных пластов является новым инновационным направлением, не обеспеченным соответствующими механизмами и подходами для его рентабельности. В настоящее время экономические механизмы добычи метана угольных пластов, определяющие его рентабельную добычу и дегазационную подготовку шахтных полей с целью снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций, роста нагрузки на очистные забои при последующей разработке высокогазоносных угольных пластов, а также обеспечивающие перспективы социально-экономического развития Кемеровской области, не разработаны.

В последние годы были проведены реформы по регулированию деятельности по заблаговременной дегазации, так, были внесены следующие изменения:

- в ФЗ [8] были даны определения такому понятию, как «дегазация» и представлены положения по содержанию норм метана, при превышении которых дегазация является обязательной;

- в части 2 НК [9] был установлен налоговый вычет на налог на добычу полезных ископаемых на сумму расходов по обеспечению безопасных условий труда и охраны труда при добыче угля на участке недр, при этом установлена предельная планка налогового вычета;

- постановлением [10] утверждены нормы по содержанию взрывоопасных газов в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной для снижения опасности для труда шахтеров. Данным законодательным актом установлено, что при превышении норматива в размере



Источник: составлено автором по данным [1]

Рис. 1. Динамика взрывов метана на шахтах Кузбасса

Таблица 1

Шахты с высоким содержанием метана в угольных пластах

Наименование шахты	Категория шахты	Газообильность, м ³ /т
Первомайская	ОВВ	24,83
Березовская	ОВВ	20,37
Заречная	СК	61,39
Чертинская-Коксовая	ОВВ	74,26
Коксовая	ОВВ	47,44
Зиминка	ОВВ	50,20
Распадская	СК	22,40

Источник: составлено автором по данным [7].

13 м³/т с.б.м. необходимо проводить работы по снижению газообильности горных выработок.

На рис. 2 представлен механизм обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля.

При этом существует ряд проблем при разработке месторождений угля, содержащих высокую степень метаноносности:

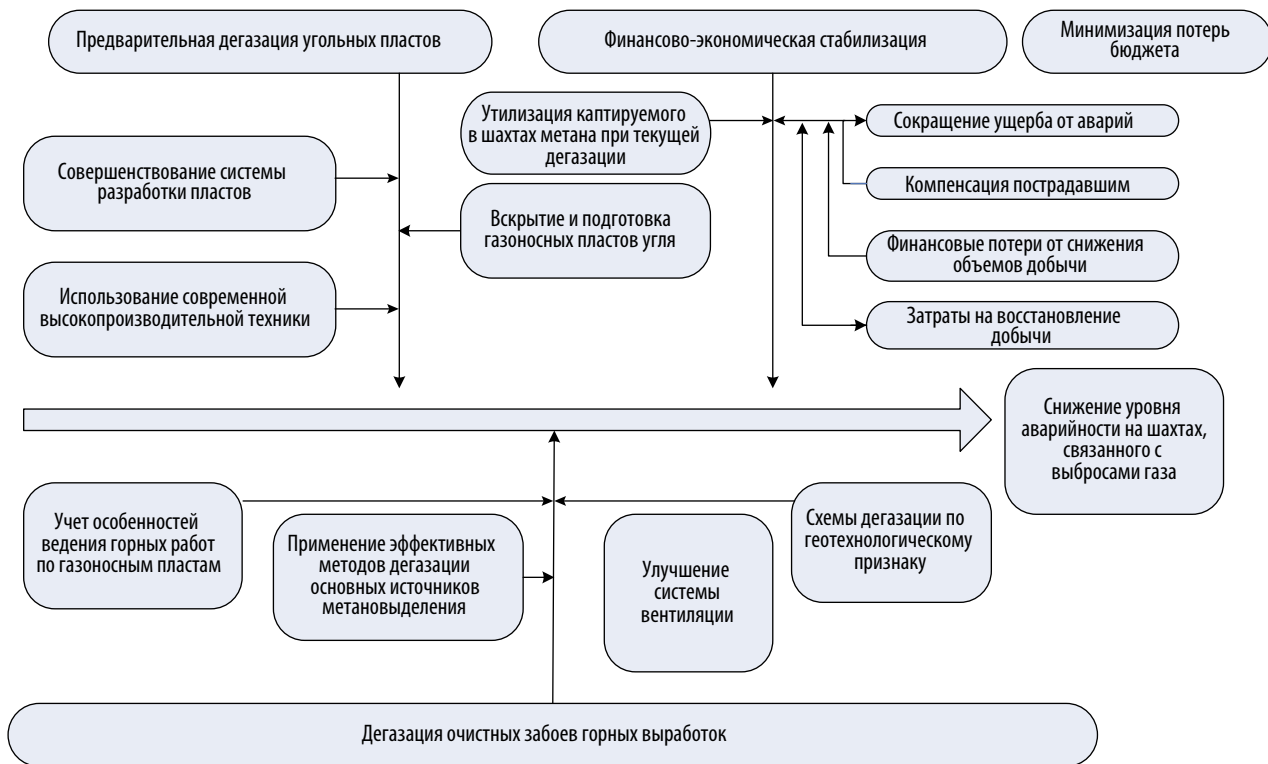
- непосредственное влияние газового фактора на проведение горных работ. В России большинство аварий на шахтах связаны именно с внезапными выбросами метана, в последнем происшествии в 2021 г. на шахте Листвяжная погиб 51 чел.;

- на современном этапе на государственном уровне отсутствует система госзаказа на проведение заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов;

- отсутствует организационно-экономическое обеспечение взаимодействия угольных и газовых компаний, при этом нет прямой экономической заинтересованности в проведении заблаговременной дегазации проектируемых шахтных полей;

- отсутствует план лицензирования площадей, который будет перспективным для подземной добычи угля.

При этом необходимо создание на государственном уровне механизма обеспечения заблаговременной дега-



Источник: составлено автором.

Рис. 2. Механизм обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля

зации для увеличения безопасности труда при подземной добыче угля. В дополнение к механизму, представленному выше, необходимо создать организационно-правовой механизм государственного заказа для осуществления заблаговременной дегазации угольных месторождений. Необходимо осуществить следующие меры:

- разработать механизм реализации перспективного лицензирования недр для подземной добычи угля на 10-15-летний период (так как именно за этот период необходимо проводить заблаговременную дегазацию);
- разработать механизм нормативного регулирования и включения в Закон «О недрах» [11] норматива, в соответствии с которым в случае разработки угольного месторождения, содержащего метаноносность свыше 13 м³/т с.б.м, возможно предоставление двух лицензий в пределах одного горного отвода. Одна лицензия будет предоставляться газодобывающей компании на добычу метана из угольных пластов, другая лицензия – угольной компании на добычу угля. Также необходимо предусмотреть нормы, устанавливающие процедурно-процессуальный порядок проведения работ, связанных с добычей различных по своим физико-химическим характеристикам полезных ископаемых, обеспечивая установленную последовательность действий по вводу месторождения в эксплуатацию.

При этом для создания действенного правового механизма, который будет обеспечивать повышение безопасности условий труда и эффективную добычу угля,

необходимо ввести механизм государственного заказа на заблаговременную дегазацию [12] высокогазоносных угольных пластов. Для этого необходимо разработать и утвердить:

– порядок взаимодействия специализированной газодобывающей организации и компании по добыче угля [13] при осуществлении заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов [14];

– порядок учета и компенсации затрат газодобывающей организации при выполнении государственного заказа по заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов (например, в виде Постановления Правительства Российской Федерации «О порядке учета и компенсации затрат газодобывающей организации при выполнении государственного заказа по заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов»). Нормативно-правовой документ должен определять:

- порядок реализации добытого газа;
- перечень затрат, подлежащих компенсации;
- порядок учета затрат;
- норму рентабельности, при превышении которой затраты газодобывающей организации не компенсируются;
- порядок компенсации угледобывающей организации затрат на осуществление заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов.

Стоит отметить, что именно при создании системы государственного заказа на заблаговременную дегазацию высокогазоносных угольных пластов значительно снизятся риски внезапных выбросов метана и взрывов в шахтах,

что позволит обеспечить в долгосрочной перспективе инновационный путь развития угольной промышленности России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение стоит отметить, что заблаговременная дегазация высокогазоносных угольных пластов приводит к повышению безопасности труда. Согласно Федеральному закону № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г. «О специальной оценке условий труда» [15] добыча угля приравнена к самому высокому классу профессионального риска (32 класс), по данным ФЗ, производится начисление дополнительного взноса от несчастных случаев в размере 8,5% от фонда оплаты труда. Согласно статье 428 НК РФ [9], для определения категорий плательщиков в отношении выплат и иных вознаграждений в пользу физических лиц, занятых на опасном производстве, применяется дополнительный взнос на обязательное пенсионное страхование, исчисляемый от фонда оплаты труда на одного работника, данный тариф равен 8% и приравнен к опасному классу условий труда.

При этом проведение заблаговременной дегазации позволит снизить класс опасности труда до 30 класса, что снизит ставку до 7,4%. При этом ставка по дополнительному пенсионному страхованию за вредный труд снижается до 7%. Именно за счет этих мер можно получить экономию по снижению взносов по опасному классу условий труда для угольной промышленности.

Экономия от повышения уровня безопасности труда:

$$\mathcal{E}_{\text{бр}} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{\text{нс}} + \mathcal{E}_{\text{пф}}$$

где $\mathcal{E}_{\text{нс}}$ – экономия по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; $\mathcal{E}_{\text{пф}}$ – экономия по обязательному дополнительному страховому взносу на пенсионное страхование.

Проведенный анализ влияния заблаговременной дегазации на отработку запасов в условиях шахты показывает, что основным фактором повышения эффективности отработки запасов является значительный рост производственной мощности предприятия.

В работе был проведен анализ динамики взрывов и жертв от внезапных выбросов метана и метаноносности

основных шахт Кузнецкого угольного бассейна. Была предложена авторская точка зрения на необходимость проведения заблаговременной дегазации для подготовки угольных месторождений. Предлагаемые меры позволят снизить загрязнение окружающей среды и повысить безопасность труда на производстве, что повысит уровень социально-экономического развития угледобывающих регионов.

Список литературы

1. Хронология крупных аварий на угольных шахтах в России. URL: https://tass.ru/info/13019729?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения 15.08.2022).
2. Coalbed methane geology and exploration potential in large, thick, low-rank seams in the Bayanhua Sag of the Erlian Basin, northern China / L. Li, D. Tang, H. Xu et al. // Energy Exploration and Exploitation. 2022. No 40. P. 995-1022.
3. Advances of nanotechnologies for hydraulic fracturing of coal seam gas reservoirs: potential applications and some limitations in Australia / H. Marsden, S. Basu, A. Striolo et al. // International Journal of Coal Science and Technology. 2022. No 9. P. 27.
4. Reserves estimation for coalbed methane reservoirs: A review / A. Altowilib, A. Alsaihati, H. Alhamood, et al. // Sustainability (Switzerland). 2020. No 12. P. 1-26.
5. Li X. Review on application of intelligent mining technology in safety Proceedings – 2021 / 2nd International Conference on Computing and Data Science, CDS 2021, 9463231, P. 227-231.
6. Wright T. The Political Economy of China's Dramatically Improved Coal Safety Record // China Quarterly. 2022. No 249. P. 91-113.
7. Скрынник Л.С., Гудим К.В. Эколого-экономическая эффективность использования очистного комплекса с предварительной дегазацией метана на шахте им. С.М. Кирова / Социально-экономические проблемы развития старопромышленных регионов. Сборник материалов международного экономического форума, посвященного 65-летию КузГТУ, 2015. С. 57.
8. Федеральный закон от 26.07.2010 № 186-ФЗ «О внесении изменений в статьи 1 и 14 Федерального закона «О государственном регулировании в области добычи и использования угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Таблица 2

Налоговый эффект от проведения заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов

В настоящее время		В результате реализации предложений	
	%		%
Страховые взносы		Страховые взносы	
Обязательное пенсионное страхование	22,0	Обязательное пенсионное страхование	22,0
Фонд социального страхования	2,9	Фонд социального страхования	2,9
Обязательное медицинское страхование	5,1	Обязательное медицинское страхование	5,1
Итого	30,0	Итого	30,0
Взнос от несчастных случаев (№ 426-ФЗ, 32 класс проф. риска)	8,5	Взнос от несчастных случаев (№ 426-ФЗ, 32 класс проф. риска)	7,4
Дополнительный тариф страховых взносов на обязательное пенсионное страхование (опасный класс)	8,0	Дополнительный тариф страховых взносов на обязательное пенсионное страхование (опасный класс)	7,0
Всего	46,5	Всего	44,4

Источник: составлено автором

9. Налоговый кодекс Российской Федерации, часть 2 (НК РФ, ч.2) (5 августа 2000 года № 117-ФЗ).
10. Допустимые нормы содержания взрывоопасных газов (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 25.04.2011 № 315).
11. Закон Российской Федерации от 21.02.92 № 2395-1 «О недрах».
12. Кузина Е.С. Об оценке экономической эффективности заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2017. № 6. С. 46-48.
13. Мелехин Е.С., Кошелёв А.В. Добыча метана из угольных пластов как основа повышения безопасности и эффективности добычи угля // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2012. № 2. С. 51-55.
14. Конторович А.Э., Эдер Л.В. Новая парадигма стратегии развития сырьевой базы нефтедобывающей промышленности Российской Федерации // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2015. № 5. С. 8-17.
15. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ.

Original Paper

UDC 558.063:47 © E.S. Kuzina, 2022

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 79-83

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-79-83>

Title

CREATION OF A MECHANISM TO ENSURE LABOR SAFETY IN UNDERGROUND COAL MINING

Author

Kuzina E.S.¹¹ Research Institute "New Economy and Business" Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 117997, Russian Federation

Authors Information

Kuzina E.S., PhD (Economic), Senior Researcher,
e-mail: elizaveta1991@mail.ru

Abstract

The article considers the factors of influence on labor safety in the coal industry. It was revealed that the gas factor plays an important role in underground coal mining. The main works devoted to carrying out early degassing were considered, studies aimed at the development of coal deposits and the production of coal-bed methane were considered. The necessity of creating a mechanism for the state order for the advance degassing of highly gas-bearing coal seams, due to which the risks of sudden methane emissions and explosions in mines will be reduced, will provide an innovative way for the development of the Russian coal industry in the long term.

Keywords

Early degassing, Coal-bed methane, Coal industry, Coal mining, Labor safety, Environment, Highly gas-bearing coal seams.

References

1. Chronology of major accidents at coal mines in Russia. Available at: https://tass.ru/info/13019729?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (accessed 15.08.2022). (In Russ.).
2. Li L., Tang D., Xu H., Tang S. & Yao H. Coalbed methane geology and exploration potential in large, thick, low-rank seams in the Bayanhua Sag of the Erlian Basin, northern China. *Energy Exploration and Exploitation*, 2022, (40), pp. 995-1022.
3. Marsden H., Basu S., Striolo A. & MacGregor M. Advances of nanotechnologies for hydraulic fracturing of coal seam gas reservoirs: potential applications and some limitations in Australia. *International Journal of Coal Science and Technology*, 2022, (9), pp. 27.
4. Altowilib A., Alsaihati A., Alhamood H., Alafnan S. & Alarifi S. Reserves estimation for coalbed methane reservoirs: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 2020, (12), pp. 1-26.
5. Li X. Review on application of intelligent mining technology in safety Proceedings – 2021. 2nd International Conference on Computing and Data Science, CDS 2021, 9463231, pp. 227-231.
6. Wright T. The Political Economy of China's Dramatically Improved Coal Safety Record. *China Quarterly*, 2022, (249), pp. 91-113.
7. Skrynnik L.S. & Gudim K.V. Ecological and economic efficiency of using a treatment complex with preliminary degassing of methane at the mine named after. CM. Kirova. Socio-economic problems of development of old industrial regions. Collection of materials of the international economic forum dedicated to the 65th anniversary of KuzGTU. 2015, p. 57. (In Russ.).
8. Federal Law No. 186-FZ dated July 26, 2010 "On Amendments to Articles 1 and 14 of the Federal Law "On State Regulation in the Field of Coal Mining and Use, on Features of Social Protection of Employees of Coal Industry Organizations" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation". (In Russ.).
9. Tax Code of the Russian Federation Part 2 (TC RF Part 2) (August 5, 2000 № 117-FZ). (In Russ.).
10. Permissible standards for the content of explosive gases (methane) in a mine, coal seams and goaf, above which degassing is mandatory (approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated April 25, 2011 No. 315). (In Russ.).
11. Law of the Russian Federation dated February 21, 1992 No. 2395-1 «On Subsoil». (In Russ.).
12. Kuzina E.S. On the assessment of the economic efficiency of early degassing of highly gas-bearing coal seams. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2017, (6), pp. 46-48. (In Russ.).
13. Melekhin E.S. & Koshelets A.V. Extraction of methane from coal seams as a basis for improving the safety and efficiency of coal mining. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2012, (2), pp. 51-55. (In Russ.).
14. Kontorovich A.E. & Eder L.V. A new paradigm of the strategy for the development of the raw materials base of the oil industry of the Russian Federation. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2015, (5), pp. 8-17. (In Russ.).
15. Federal Law No. 426-FZ dated December 28, 2013 «On Special Assessment of Working Conditions». (In Russ.).

For citation

Kuzina E.S. Creation of a mechanism to ensure labor safety in underground coal mining. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 79-83. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-79-83.

Paper info

Received June 9, 2022

Reviewed July 28, 2022

Accepted August 25, 2022

SAFETY

Особенности видового состава серийных группировок, приуроченных к северным склонам вскрышных отвалов в аридных районах Хакасии (Разрез «Черногорский»)*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-84-88>

САФРОНОВА О.С.

Младший научный сотрудник
ФГБНУ «НИИАП Хакасии»,
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия,
e-mail: olya_egoshina@mail.ru

ЛАМАНОВА Т.Г.

Доктор биол. наук,
старший научный сотрудник
ФГБНУ Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, Россия,
e-mail: tlamanova@yandex.ru

ШЕРЕМЕТ Н.В.

Канд. биол. наук,
научный сотрудник
ФГБНУ Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН
630090, Новосибирск, Россия,
e-mail: nsheremet@yandex.ru

ДОРОНЬКИН В.М.

Канд. биол. наук,
старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник
ФГБНУ Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН
630090, Новосибирск, Россия,
e-mail: norbo@ngs.ru

АЗЕВ В.А.

Доктор техн. наук,
заместитель генерального директора -
технический директор ООО «СУЭК-Хакасия»,
655162, г. Черногорск, Россия,
e-mail: AzevVA@suek.ru

Впервые приводятся результаты наблюдений за особенностями динамики видового состава серийных группировок на северных склонах вскрышных отвалов, возникших в 1970-е, 1980-е, 1990-е, 2000-е годы в аридных районах Хакасии в результате добычи угля открытым способом на разрезе «Черногорский». Увеличение таксономического разнообразия серийных группировок происходит в первые 10-15 лет. Эндемичные виды, представители семейства Fabaceae, характерные для состава мелкодерновинных злаковых и каменистых степей Хакасии, на северных склонах вскрышных отвалов не были обнаружены. На исследуемых территориях идет интенсивное заселение реликтовых видов – 47,5%. Среди экологических групп наиболее широко представлены мезоксерофиты. Резкое усложнение структуры серийных группировок на северных склонах вскрышных отвалов в аридных районах Хакасии происходит через 25-30 лет.

Ключевые слова: вскрышные породные отвалы, естественное восстановление растительного покрова, склоны северной экспозиции, Республика Хакасия.

Для цитирования: Особенности видового состава серийных группировок, приуроченных к северным склонам вскрышных отвалов в аридных районах Хакасии (Разрез «Черногорский») / О.С. Сафронова, Т.Г. Ламанова, Н.В. Шеремет и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 84-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-84-88.

ВВЕДЕНИЕ

Техногенно-нарушенные земли в Республике Хакасия оказываются существенным фактором осложнения экологического состояния региона, деградации его сельскохозяйственного потенциала. Проблем, которые вызваны самим существованием техногенных ландшафтов, много. Это и отчуждение часто наиболее плодородных земель из сель-

* Исследование выполнено в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН № АААА-А21-121011290024-5, в рамках Проекта Государственного задания Научно-исследовательского института сельскохозяйственных проблем Хакасии № АААА-1919-119041790044-0 и при поддержке гранта РФФИ и Правительства Республики Хакасия № 18-44-190006 п_а.

скохозайственного фонда, это и деградация по различным техногенным причинам прилегающих территорий и др. Единственным способом решения всех этих проблем была и остается рекультивация нарушенных земель. К сожалению, эффективная рекультивация нарушенных земель является чрезвычайно дорогостоящим мероприятием. Однако во всех случаях идут процессы самовосстановления почвенного и растительного покрова техногенных ландшафтов.

Вопросы, касающиеся восстановления растительного покрова на нарушенных открытыми горными работами землях, очень волнуют общественное сознание. Поэтому их решению в нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание [1, 2, 3, 4]. Эти знания являются необходимой теоретической основой для разработки интенсивных приемов восстановления нарушенных земель.

Черногорское месторождение каменного угля находится на территории Усть-Абаканского района Республики Хакасия. В 23 км от месторождения находится г. Абакан – республиканский центр и в 12 км – г. Черногорск – центр угольной промышленности Минусинского бассейна.

Черногорский угольный разрез был сдан в эксплуатацию в 1959 г. с производительностью 627 тыс. т угля в год и стал первым предприятием в Хакасии по добыче открытым способом.

Объектами исследования послужили отвалы вскрышных пород угольной компании разрез «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» разных лет формирования: 1970-х, 1980-х, 1990-х и 2000-х годов. Целью наших исследований было изучение динамики формирования флористического состава серийных группировок на отвалах, возникших с интервалом в 10 лет, в наиболее благоприятных условиях существования – на склонах северных экспозиций.

МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материал на отвалах разреза «Черногорский» собирался с 2008 по 2011 г. с использованием общепринятых методик [5]. Для изучения флористического состава сообществ проведен сбор гербарных материалов и выполнены геоботанические описания существующих группировок (проводили по А.Г. Воронову [6]), определение проективного покрытия – глазомерным способом в процентном отношении, обилие видов определяли по шкале Друде. Название фитоценоза дано по совокупности доминирующих видов. Для определения продуктивности надземной фитомассы ежегодно в июле–начале августа в четырехкратной повторности взяты повидовые укосы.

Климат района исследований резко континентальный с холодной продолжительной зимой и жарким засушливым летом. Среднегодовая температура воздуха колеблется от +1,8 до –1,0°C. Абсолютный минимум температур отмечен в январе –40,6°C, абсолютный максимум в июне +35,6°C.

По геоботаническому районированию А.В. Куминовой и др. [7], территория разреза «Черногорский» отнесена к Приабаканскому (Центрально-Хакасскому) округу Минусинской котловины. Наиболее типичны для данной территории мелкодерновинные настоящие степи в типичном варианте четырехзлаковой степи, выделенной В.В. Ревердатто.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Флористический состав растительных группировок склонов северной экспозиции техногенных разновозрастных отвалов насчитывает 40 видов высших сосудистых растений, относящихся к 35 родам и 18 семействам. Самыми многовидовыми семействами являются Asteraceae (30%), Poaceae (22,5%). Преобладание семейств Poaceae и Asteraceae показывает на степную направленность развития растительности.

Во флоре мелкодерновинных злаковых степей [7] и каменистых степей Хакасии [8] на первом месте по числу видов стоит семейство Fabaceae. Это связано с тем, что минусинско-хакасские степи с конца плиоцена являются одним из центров автохтонного развития бобовых, и наличие значительного эндемизма в этом семействе подтверждает это положение [9]. Однако, эндемичные виды, представители семейства бобовых, за 40 лет существования вскрышных породных отвалов на этих местообитаниях не были обнаружены.

Многовидовые роды на участках мелкодерновинных злаковых и каменистых степей: Astragalus, Oxytropis, Artemisia, Potentilla. По мнению Л.И. Малышева (1972) [10], увеличение флористической роли этих рядов связано с континентальностью климата и гористостью территории.

На северных склонах разновозрастных вскрышных породных отвалов многовидовые роды представлены двумя родами: родом Artemisia (пять видов) и родом Cirsium (два вида).

Число семейств, родов и видов резко увеличивается в первые 20 лет после формирования отвалов (табл. 1).

С целью выяснения приспособлений растений по способу удержания площади обитания и разрастания по поверхности отвала проведен анализ жизненных форм по классификации, предложенной Г.М. Зозулиным [11]. Принципы выделения жизненных форм заключаются в возможности восстановления особи при уничтожении по какой-либо причине ее надземной части, что, в общем, определяет сосуществование растений со своими соседями по фитоценозу. Выделяют четыре типа жизненных форм:

- реддитивные – многолетники, не возобновляющиеся при уничтожении их надземных частей («уступающие»);
- рестативные – многолетники, возобновляющиеся и «сопротивляющиеся» захвату площади другими особями;
- ирруптивные – многолетники, не только возобновляющиеся, но и имеющие органы вегетативного разрастания и размножения, «вторгающиеся», «захватывающие» территорию у других растений;

Таблица 1

Динамика видового состава растительных группировок, сформировавшихся на склонах северных экспозиций разновозрастных вскрышных отвалов в аридных районах Хакасии

Состав флоры	Годы образования отвалов			
	2000-е	1990-е	1980-е	1970-е
Семейства	5	12	12	14
Роды	9	24	21	29
Виды	9	29	24	34

– вагативные – однолетние или дву-сезонные виды, не удерживающие площадь и прорастающие каждый раз на новом месте, «кочующие» или «блуждающие».

В составе травостоя склонов северной экспозиции Черногорского разреза отмечены реддитивные, рестативные, ирруптивные и вагативные типы жизненных форм (табл. 2).

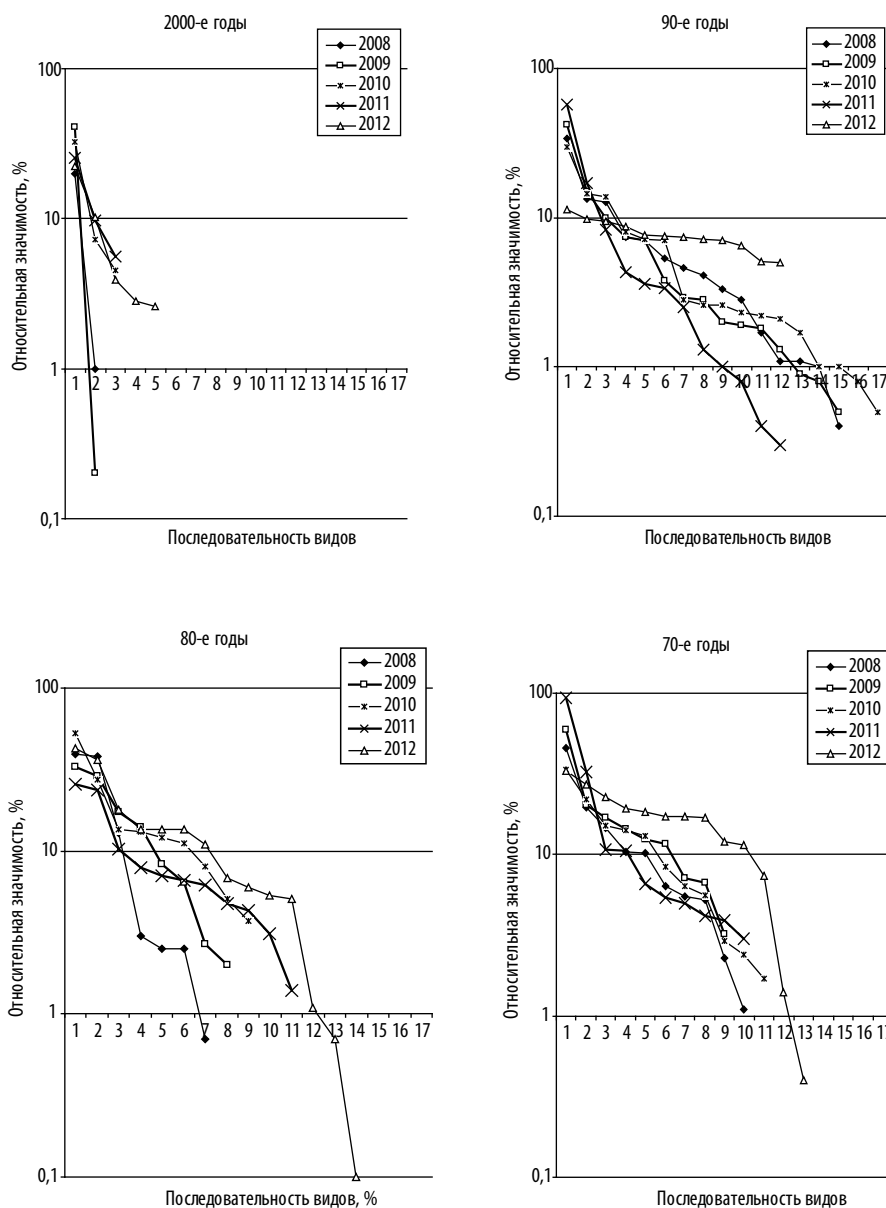
На исследуемых территориях преобладают рестативные виды (47,5%), как и на ненарушенных территориях в условиях степной зоны, где они составляют 77,1% [8]. К видам, способным переживать неблагоприятные экологические условия на отвалах и, возобновляясь от спящих почек «сопротивляться» захвату площади другими, относятся представители семейств Poaceae, Asteraceae, Fabaceae.

Большой интерес, в связи изучением механизмов восстановления растительных сообществ на нарушенных землях, представляет выявление принадлежности растений к определенным экологическим группам. На склонах северных экспозиций разновозрастных отвалов разреза «Черногорский» все виды относятся к трем экологическим группам. Наиболее широко представлены мезоксерофиты, доля участия которых в сложении травостоя изменяется от 41 до 46%, в равных долях ксерофиты – от 21 до 33% и мезофиты – от 22 до 28%. Во флоре коренных мелководерновинных злаковых степей на долю ксерофитов и мезоксерофитов приходится 49%, мезофитов – 7% [8].

Величина видового разнообразия считается показателем лучшего или худшего состояния экосистемы. Модели видового обилия описывают распределение видов от ситуации с высокой выравненностью в сообществе до тех случаев, когда численности видов весьма неодинаковы. Существует переход от геометрического ряда с доминированием немногих видов при очень низкой численности остальных, через лог-ряд и логнормальное распределение, в которых виды со средним обилием становятся все более обильными, к ситуации, представленной моделью «разломанного стержня», когда обилие видов распределено с максимально возможной в природе равномерностью [11, 12].

Состав жизненных форм во флористическом составе на склонах северных экспозиций разновозрастных вскрышных отвалов в аридных районах Хакасии

Жизненные формы	Годы образования отвалов			
	2000-е	1990-е	1980-е	1970-е
Реддитивные	–	–	2	–
Рестативные	2	15	12	16
Ирруптивные	3	10	4	10
Вагативные	4	4	6	8



Кривые значимости видов при естественном зарастании северных склонов вскрышных отвалов разных лет формирования в аридных районах Хакасии: по оси ординат – относительная значимость видов, %, по оси абсцисс – последовательность видов, ранжированных от наиболее обильного к наименее обильному

При зарастании северных склонов отвалов отмечено последовательное усложнение структуры открытых группировок: в 2000-е годы – геометрический ряд, последующие десятилетия – лог-ряд и логнормальные распределения. Модель «разломанного стержня» обнаружена только однажды: в последний год наблюдений на отвалах, сформированных в 1990-е годы (см. рисунок).

ВЫВОДЫ

Таким образом, формирование видового состава растительных группировок на северных склонах вскрышных отвалов, где созданы для этого наиболее благоприятные условия, происходит в первые 10-15 лет после создания отвала.

В отличие от флоры мелкодерновинных злаковых и каменистых степей Хакасии, в которых преобладают эндемичные виды – представители семейства бобовых, родов *Astragalus*, *Oxytropis*, за 40 лет существования вскрышных породных отвалов на этих местах обитания эти виды эндемиков нами не были обнаружены.

Серийные сообщества, находясь на одной из промежуточных стадий восстановления, характеризуются преобладанием в своем составе релативных видов, среди экологических групп наиболее широко представлены мезоксерофиты.

Отмечено последовательное усложнение структуры открытых группировок: геометрический ряд, лог-ряд и логнормальные распределения. Показатели в целом свидетельствуют о том, что структура изучаемых сообществ по данному показателю более или менее сформировалась.

Список литературы

- Hendrychová M. Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: A review of pedological and biological studies // *Journal of Landscape Studies*. 2008. No 1. P. 63-78.
- Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps / R. Tropek, T. Kadlec, S. Vodka et al. // *Ecological Engineering*. 2012. No. 43. P. 13-18.
- Banaszek J., Leksy M., Rahmonov O. The Role of Spontaneous Succession in Reclamation of Mining Waste Tip in Area of Ruda Śląska City / International Conference "Environmental Engineering", 10th International Conference "Environmental Engineering". Vilnius Gediminas Technical University Lithuania, 27-28 April 2017.
- Vegetation and soil restoration in refuse dumps from open pit coal mines / H. Lei, Zh. Peng., H. Yigang et al. // *Ecological Engineering*. 2016. No 94. P. 638-646.
- Корчагин А.А., Лавренко Е.М. Морфологическое строение растительных сообществ (синморфология) // *Полевая геоботаника*. 1976. Т. 5. С. 28-130.
- Воронов А.Г. Геоботаника: учебное пособие для университетов и педагогических институтов М.: Высшая школа, 1973. 384 с.
- Растительный покров Хакасии / А.В. Куминова, Ю.М. Маскаев, Г.А. Зверева и др. Новосибирск: Наука, 1976. 418 с.
- Ламанова Т.Г. Анализ флоры каменистых степей Хакасии. Геоботанические исследования в Западной и Средней Сибири. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1978. С. 193-209.
- Положий А.В. Реликтовые и эндемичные виды бобовых во флоре Средней Сибири в аспекте ее послетретичной истории // *Известия Сибирского отделения АН СССР. Серия Биол.-мед. наук*. 1964. № 4. Вып. 1. С. 3-11.
- Малышев Л.И. Флорогенетические спектры Советского Союза. В сборнике: История флоры и растительности Евразии. Л.: Наука, 1972. С. 17-40.
- Зозулин Г.М. Схема основных направлений и путей эволюции жизненных форм семенных растений // *Ботанический журнал*. 1968. Т. 53. Вып. 2. С. 223-232.
- Whittaker R.H. Communities and ecosystems. N.-Y., 1975. 386 p.

Original Paper

UDC 504.062.2 © O.S. Safronova, T.G. Lamanova, N.V. Sheremet, V.M. Doronkin, V.A. Azev, 2022
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 84-88
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-84-88>

Title

SPECIES COMPOSITION FEATURES OF SERIAL GROUPINGS ON THE NORTH SLOPES OF OPEN-CUT SPOIL DUMPS IN ARID REGIONS OF KHAKASSIA («CHERNOGORSKY» COAL MINE)

Authors

Safronova O.S.¹, Lamanova T.G.², Sheremet N.V.², Doronkin V.M.², Azev V.A.³

¹ FGBNU Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia, Zelenoe village, 655132, Republic of Khakassia, Russian Federation

² FGBNU Central Siberian Botanical Garden Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

³ SUEK-Khakassia LLC, Chernogorsk, 655162, Russian Federation

Authors Information

Safronova O.S., Junior Researcher, e-mail: olya_egoshina@mail.ru

Lamanova T.G., Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, e-mail: tlamanova@yandex.ru

Sheremet N.V., PhD (Biological), Researcher, e-mail: nsheremet@yandex.ru

Doronkin V.M., PhD (Biological), Senior Researcher, Leading Researcher, e-mail: norbo@ngs.ru

Azev V.A., Doctor of Engineering Sciences, Deputy General Director – Technical Director, e-mail: AzevVA@suek.ru

Abstract

The article presents for the first time the observation results on the dynamics peculiarities of the serial groupings species composition on the north slopes of open-cut spoil dumps that arose in the 1970s, 1980s, 1990s, 2000s in arid regions of Khakassia as a result of «Chernogorsky» coal mining operation. The increase in the taxonomic diversity of serial groupings occurs in the first 10-15 years. Endemic species, members of the Fabaceae family, which are characteristic for the composition of fine-grain cereals and rocky steppes of Khakassia, were not found on the north slopes of open-cut

dumps. Intensive settlement of restative species (47.5%) is taking place in the studied territories. Mesoxerophytes are the most widely represented among ecological groups. A sharp complication of the serial groupings structure occurs after 25–30 years on the north slopes of open-cut spoil dumps in the arid regions of Khakassia.

Keywords

Overburden rock dumps, Natural restoration of vegetation cover, Slopes of the northern exposure, Republic of Khakassia.

References

1. Hendrychová M. Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: A review of pedological and biological studies. *Journal of Landscape Studies*, 2008, (1), pp. 63-78.
2. Tropek R., Kadlec T., Vodka S., Spitzer L., Konvicka M., Hejda M., Kocarek P., Skuhrovec J., Malenovsky I. & Banar P. Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps. *Ecological Engineering*, 2012, (43), pp. 13-18.
3. Banaszek J., Leksy M. & Rahmonov O. The Role of Spontaneous Succession in Reclamation of Mining Waste Tip in Area of Ruda Śląska City. International Conference "Environmental Engineering", 10th International Conference "Environmental Engineering". Vilnius Gediminas Technical University Lithuania, 27-28 April 2017.
4. Lei H., Peng Zh., Yigang H. & Yang Zh. Vegetation and soil restoration in refuse dumps from open pit coal mines. *Ecological Engineering*, 2016, (94), pp. 638-646.
5. Korchagin A.A. & Lavrenko E.M. Morphological structure of plant communities (synmorphology). *Polevaya geobotanika*, 1976, (5), pp. 28-130. (In Russ).
6. Voronov A.G. Geobotany: a textbook for university and pedagogical institute. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1973. 384 p. (In Russ).
7. Kuminova A.V., Maskaev Yu.M., Zvereva G.A. et al. Vegetation cover of Khakassia. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976. 418 p. (In Russ).

8. Lamanova T.G. Analysis of the flora of the rocky steppes of Khakassia. Geobotanical studies in Western and Central Siberia. Novosibirsk, Nauka. Sibirskoe otdelenie Publ., 1978, pp. 193-209. (In Russ).

9. Polozhiy A.V. Relict and endemic species of legumes in the flora of Central Siberia in the aspect of its post-tertiary history. *Izv. Sib. ed. USSR Academy of Sciences. Ser. Biol.-med. nauk*, 1964, Vol. 4, (1), pp. 3-11. (In Russ).

10. Malyshev L.I. Florogenetic spectra of the Soviet Union. Collection: History of flora and vegetation of Eurasia. Leningrad, Nauka Publ., 1972, pp. 17-40. (In Russ).

11. Zozulin G.M. Scheme of the main directions and ways of evolution of life forms of seed plants. *Bot. journal*, 1968, Vol. 53, (2), pp. 223-232. (In Russ).

12. Whittaker R.H. Communities and ecosystems. N.-Y., 1975, 386 p.

Acknowledgements

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden of the SB RAS No. AAAA21-121011290024-5, within the framework of the Project of the State Assignment of the Research Institute of Agricultural Problems of Khakassia No. AAAAAA-1919-119041790044-0 and with the support of the RFBR grant and the Government of the Republic of Khakassia No. 18-44-190006 p_a.

For citation

Safronova O.S., Lamanova T.G., Sheremet N.V., Doronkin V.M. & Azev V.A. Species composition features of serial groupings on the north slopes of open-cut spoil dumps in arid regions of Khakassia («Chernogorsky» coal mine). *Ugol*, 2022, (9), pp. 84-88. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-84-88.

Paper info

Received May 27, 2022

Reviewed July 28, 2022

Accepted August 25, 2022

УГОЛЬ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

www.ugolinfo.ru

Приглашаем посетить интернет-сайт www.ugolinfo.ru

На сайте в свободном доступе:

- ✓ **Всё о журнале «УГОЛЬ»** (Темплан, Расценки, Подписка, Требования к рукописям, Архив, Награды, История)
- ✓ **Аналитические обзоры «Итоги работы угольной промышленности России»** (ежеквартальные)
- ✓ **Полный календарь горных выставок**
- ✓ **Более 100 Интернет-ресурсов – партнеров журнала «УГОЛЬ»**
- ✓ **Электронная версия всех номеров журнала с 2006 г. в разделе журнал online**

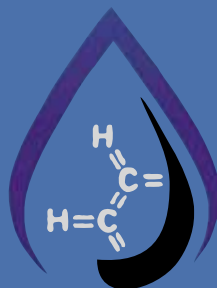
ПРИГЛАШАЕМ
принять участие в крупнейшем
на территории Сибири и Дальнего Востока
отраслевом проекте!

23-25
НОЯБРЯ
КРАСНОЯРСК 2022

ХІІІ СИБИРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ



ХХVІІІ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА
АВТОМАТИЗАЦИЯ. СВЕТОТЕХНИКА



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
Нефть. Газ. Химия

Одновременно с выставкой «МЕТАЛЛООБРАБОТКА И СВАРКА»



www.krasfair.ru

МВДЦ «Сибирь»
ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 200-44-00

Реклама

0+

Автоматизированная
Система безопасности,
связи и управления
персоналом

«УМНАЯ ШАХТА»®

цифровая платформа угольной
шахты и рудника

1 МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

определение в режиме реального времени местоположения персонала в горных выработках

контроль маршрутов и скорости передвижения персонала

аварийное оповещение персонала с оповещением о доставке

поиск людей, застигнутых аварией, с учётом мест нахождения персонала в горных выработках на момент начала развития аварии

контроль за состоянием работника - в движении или неподвижен

отправка из шахты персонального сигнала о помощи - «Тревожная кнопка»

мобильная телефонная связь на основе смартфона со встроенным тепловизором

двухсторонняя оперативная связь горный диспетчер - работник

контроль работы подземного транспорта - передача на верхний уровень данных о местоположении и параметрах работы

2 УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

оптимальное сочетание беспроводных и кабельных видов связи с широким применением ВОЛС, обеспечивающих передачу информационных потоков под землёй

устойчивость к потере сетевого питания за счёт укомплектования узлов подземной инфраструктуры связи резервными источниками питания

повышенная стойкость к силовым воздействиям (механическим и воздушно-динамическим) на узлы подземной инфраструктуры связи

сканирующий (динамический) газовый контроль с передачей данных измерений на пульт горного диспетчера (в систему АГК) в режиме реального времени, обеспечиваемый газоанализатором, встроенным в головной светильник

ВНИМАНИЕ! «УМНАЯ ШАХТА»® наилучшим образом выполняет актуальные требования Федеральных норм и Правил к системам позиционирования и аварийного оповещения - как для угольных шахт, так и для рудников!

РЕКЛАМА



+7 (383) 233-35-12



info@granch.ru



www.granch.ru

