

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

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

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

4-2024



РЕКЛАМА

ВЗРЫВ КАК ИСКУССТВО

XXIV Международная научно-практическая
конференция по горному и взрывному делу
**«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО
И ВЗРЫВНОГО ДЕЛА»**

 **КРУ-ВЗРЫВПРОМ**

ГУММИРОВАННЫЙ ТРУБОПРОВОД

TAPP GROUP
TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY

ГАРАНТИРУЕМ
КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ.



TAPP-GROUP.RU



7 (4722) 23-28-39

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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»

АПРЕЛЬ**4-2024** /1179/**УГОЛЬ****ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА**

Российский топливно-энергетический комплекс, несмотря на все внешние вызовы, продолжает надежно обеспечивать внутренних и внешних потребителей	4
XXIV Международная научно-практическая конференция по горному и взрывному делу «Актуальные проблемы горного и взрывного дела»	5
Бюллетень оперативной информации о ситуации в угольном бизнесе «Уголь-Курьер»	8
ГЕЙХМАН Исаак Львович (к 85-летию со дня рождения)	11
Новые современные сверхкрупногабаритные шины «BELSHINA» с посадочным диаметром 49-63 дюйма	12
Хроника. События. Факты. Новости	14

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Лохов Д.С. Гуммированный трубопровод	19
Распределение продуктов в осадительно-фильтрующей центрифуге	20
Ганиева И.А., Шепелев Г.В. Экономические и технические аспекты утилизации золошлаковых отходов	22
Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Каменноугольный пек атмосферно-вакуумной перегонки каменноугольной смолы	27
Чикишева Т.А., Комарова А.Г., Прокопьев Е.С., Прокопьев С.А. Вещественный состав отходов ЦОФ «Кузбасская»	31
Черкасова Т.Г., Баранцев Д.А., Иванов А.И. Оценка возможности вскрытия отходов углеобогащения спеканием с карбонатом натрия	36
Таскин А.В., Федотов Д.Р., Шукуратов А.Л., Иванников С.И., Черкасова Т.Г., Баранцев Д.А. Извлечение угольного концентрата из отходов углеобогащения как подготовка к выделению редких и редкоземельных элементов	40
Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Оценка влияния температурного режима перегонки каменноугольной смолы на качество каменноугольного пека	45

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Соколов С.В., Снетова Е.С., Михалев Д.С., Тайлаков А.А. Цифровизация расчетов выбросов парниковых газов при добыче и транспортировке угля	50
--	----

ЭКОЛОГИЯ

Тимошук И.В., Горелкина А.К., Михайлова Е.С., Иванова Л.А., Голубева Н.С. Ионообменные смолы для деконтаминации сточных вод угледобывающих предприятий	57
Артемьев В.Б., Руденко Ю.Ф., Левин С.Е., Курпатов О.В., Сенаторов М.Ю. Комплексный мониторинг состояния производственных процессов, промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов. Часть 1. Экологические риски в промышленности. Подходы к минимизации рисков	63

НЕДРА

Кузьмина О.Ю., Коновалова М.Е., Жиронкин С.А. К вопросу существования абсолютной горной ренты. Часть 1	70
---	----

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Бригада В.С., Джиева А.К. Определение шага возведения искусственных полос частичной закладки для снижения эмиссии климатически активных газов	74
--	----

ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

Чеван А.Ю., Хрунина Н.П. Технология разработки сложноструктурных угольных пластов карьерными комбайнами с комбинированным рабочим оборудованием	79
--	----

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Кубрин С.С., Загоршменный И.М., Решетняк С.Н., Максименко Ю.М. Повышение эффективности функционирования горных машин угольных шахт	83
---	----

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

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

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

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН

в Интернете на веб-сайте

www.ugolinfo.ru**www.ugol.info**

и на отраслевом портале

«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

www.rosugol.ru**НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:***Научный редактор И.М. КОЛОБОВА**Корректор В.В. ЛАСТОВ**Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС*

Подписано в печать 08.04.2024.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 14,0 + обложка.

Тираж 3300 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 4900 экз.

Отпечатано:

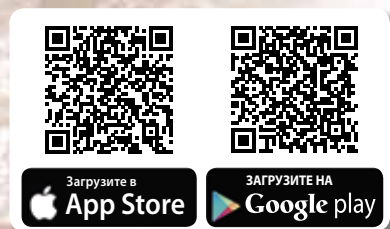
ООО «РОЛИКС ПРИНТ»

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

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 142043

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

Нишоновна Ж.А., Гылымлы С., Беляева Т.С., Рыжиков В.С.

Моделирование подвешенного устройства скипа подъемной установки с резинокроссовым тяговым органом

88

Касихина Е.Г., Сирота Д.Ю.

Оптимизация параметров сечения укосины для стальных укосных копров многофункционального назначения

92

ВОПРОСЫ КАДРОВ

Корнилова К.А., Зотова А.С., Петрушова М.В.

Совершенствование подготовки кадров для угольной промышленности через корпоративно-информационные механизмы

98

ДЕГАЗАЦИЯ

Мусин Р.А., Асанова Ж.М., Халикова Э.Р., Джусупов Н.Д., Голик А.В.

Разработка технологических критериев оценки для выбора перспективных участков добычи угольного метана

102

ЗА РУБЕЖОМ

Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Логинова Е.В., Анищенко Ю.А., Вокин В.Н.,

Кирюшина Е.В., Черепанов Е.В., Раевич К.В., Латынцев А.А.

Исследование открытых горных работ на месторождениях угля в штатах Гуджарат и Раджастан на территории Индии**по данным дистанционного мониторинга Земли из космоса**

109

Список реклам

КРУ «Взрывпром»	1-я обл.	ОАО «БЕЛАЗ»	4-я обл.
TAPP Group	2-я обл.	НПП Завод МДУ	49
ВК «Кузбасская ярмарка»	3-я обл.		

ПОДПИСКА на 2024 год**УГОЛЬ****УЧРЕДИТЕЛИ:**

**МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»**

Ежемесячный научно-технический и производственно-экономический журнал «УГОЛЬ» издается с 1925 г. и является печатным органом Министерства энергетики Российской Федерации – центральным изданием и проводником государственной политики в угольной промышленности. В журнале публикуются материалы о состоянии и перспективах угольной отрасли, о работе предприятий, заметки из регионов, материалы горных выставок, конференций, конгрессов, официальные документы и история горного дела, освещаются новости горной техники и технологии добычи, переработки и использования угля, поднимаются вопросы охраны труда, промышленной безопасности, экологии и социальной тематики.

**Стоимость
(для России и СНГ), руб.****Рассылка через АРЗИ**

1 мес.	На год
750	9 000

Доставка заказной бандеролью

1 мес.	На год
850	10 200

**ЭЛЕКТРОННАЯ ПОДПИСКА
(только годовая) – оформление
электронной подписки на журнал
«Уголь» на 2024 год – 7 800 руб.**

ООО «Редакция журнала «Уголь»
119049, г. Москва,
Ленинский проспект, д.2А, офис 819
тел.: +7 (499) 237-22-23
e-mail: ugol1925@mail.ru
www.ugolinfo.ru

Подписные индексы:– Интернет-каталог «Пресса России» – **87717; T7728; Э87717**– Каталог «Урал-Пресс» – **87717; 007097****Журнал входит****в Перечень ВАК Минобрнауки РФ.****Журнал представлен в eLIBRARY.RU**

(входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и «КиберЛенинке».

Журнал индексируется в SCOPUS –

международной реферативной базе данных и систем цитирования (рейтинг журнала Q3).

Журнал является партнером**CROSSREF.** Редакция является членом Международной ассоциации по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA). Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).**Журнал является партнером EBSCO.****Журнал с 2020 г. представлен на платформе CNKI Scholar** – ведущего китайского агрегатора и поставщика академической информации.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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**APRIL****4' 2024****UGOL' / RUSSIAN
COAL
JOURNAL****INFORMATION & ANALYTICS**

The Russian fuel and energy complex, despite
all external challenges, continues to reliably
provide domestic and external consumers _____ 4

XXIV International Scientific and practical
Conference on mining and blasting
"Actual problems of mining and blasting" _____ 5

Petrenko E.I.
Bulletin of operational information
about the situation in the coal business _____ 8

New BELSHINA 49-63-inch state-of-the-art
Super Giant OTR tyres _____ 12

The chronicle. Events. The facts. News _____ 14

COAL PREPARATION

Lokhov D.S.
Gummed pipeline _____ 19

Distribution of products in a settling
and filtering centrifugal unit _____ 20

Ganieva I.A., Shepelev G.V.
Economic and technical aspects of fly
ash disposal _____ 22

Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V.
Coal tar pitch from atmospheric-vacuum
distillation of coal tar _____ 27

Chikisheva T.A., Komarova A.G., Prokopiev E.S.,
Prokopiev S.A.
Material composition of waste from the Kuzbasskaya
central coal-processing plant _____ 31

Cherkasova T.G., Barantsev D.A., Ivanov A.I.
Assessment of the possibility to open up
coal waste by sintering with sodium carbonate _____ 36

Taskin A.V., Fedotov D.R., Shkuratov A.L.,
Ivannikov S.I., Cherkasova T.G., Barantsev D.A.
Extraction of coal concentrate from coal processing
waste as a preparation step for separation
of rare and rare earth elements _____ 40

Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V.
Assessment of coal tar distillation temperature
on the quality of coal tar pitch _____ 45

DIGITALIZATION OF MINING PROCESSES

Tailakov O.V., Utkaeve E.A. Sokolov S.V.,
Snetova E.S. Mikhalev D.S., Tailakov A.A.
Digitalization of calculations of greenhouse gas
emissions from coal mining and transportation _____ 50

ECOLOGY

Timoshchuk I.V., Gorekina A.K., Mikhaylova E.S.,
Ivanova L.A., Golubeva N.S.
Ion exchange resins for decontamination
of wastewater from coal mining enterprises _____ 57

SAFETY

Artemiev V.B., Rudenko Yu.F., Levin S.E.,
Kurpatov O.V., Senatorov M.Yu.
Integrated monitoring of the state
of production processes, industrial

and environmental safety of hazardous
production facilities. Part 1. Environmental risks
in industry. Ways of risk minimization _____ 63

SUBSOIL USE

Kuzmina O.Yu., Konovalova M.E., Zhironkin S.A.
On the issue of the absolute mining rent.
Part 1. _____ 70

UNDERGROUND MINING

Brigida V.S., Dzhioeva A.K.
Determination of construction step
to artificial strips of backfilling fore reduce
the emission of climatically active gases _____ 74

SURFACE MINING

Cheban A.Yu., Khrunina N.P.
Technology for the development
of complex-structured coal seeds surface miners
with combined working equipment _____ 79

MINING EQUIPMENT

Kubrin S.S., Zakorshmennyy I.M., Reshetnyak S.N.,
Maksimenko Yu.M.
Increasing operational efficiency mining
machines in coal mines _____ 83

Nishonova Zh.A., Glyumuly S., Belyaeva T.S.,
Ryzhikov V.S.
Modelling of the suspension gear
for a skip mine hoist with the rubber
rope traction device _____ 88

Kassikhina E.G., Sirota D.Yu.
Parameter optimization of the jib cross-section
for the multi-purpose steel head frames _____ 92

STAFF ISSUES

Kornilova K.A., Zotova A.S., Petrushova M.V.
Enhancement of personnel training
for the coal industry through corporate
information mechanisms _____ 98

DEGASSING

Musin R.A., Asanova Zh.M., Khalikova E.P.,
Dzhushupov N.D., Golik A.V.
Development of technological evaluation criteria
for the selection of promising coal methane
production sites _____ 102

ABROAD

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V.,
Anischenko Yu.A., Vokin V.N., Kiryushina E.V.,
Cherepanov E.V., Raevich K.V., Latyntsev A.A.
Studies of surface mining operations
at coal deposits in the states of Gujarat
and Rajasthan on the territory of India based
on Earth's remote sensing data _____ 109

Российский топливно-энергетический комплекс, несмотря на все внешние вызовы, продолжает надежно обеспечивать внутренних и внешних потребителей



Об этом министр энергетики Российской Федерации Николай Шульгинов рассказал на встрече с членами Комитета Государственной Думы по энергетике, которая прошла в преддверии отчета Правительства Российской Федерации о результатах работы за 2023 г.

Министр напомнил, что доля ТЭК в бюджете страны составляет 30%, в ВВП – 20%, а в экспорте – почти 60%. Он отметил, что по итогам 2023 г. добыча нефти составила около 530 млн т, газа – почти 637 млрд куб. м, а угля – более 438 млн т. Производство электроэнергии за этот период выросло до 1 трлн 511 млрд кВт·ч, а ее потребление увеличилось до 1 трлн 139 млрд кВт·ч.

«В текущем году мы уже наблюдаем гораздо большую тенденцию к росту потребления электроэнергии», – подчеркнул Николай Шульгинов, добавив, что этот показатель характеризует не только развитие ТЭК, но и экономику в целом.

Говоря об обеспечении моторными топливами внутреннего рынка, он напомнил, что в сентябре 2023 г. были приняты решения, которые позволили стабилизировать биржевые цены и снизить цены в мелкооптовом сегменте. По словам министра, работа в этой области была продолжена и в текущем году. В частности, 29 февраля Правительство РФ приняло решение о временном запрете экспорта товарного бензина, что позволит насытить внутренний рынок.

«Ситуация на внутреннем рынке топлива находится под постоянным контролем», – подчеркнул Николай Шульгинов.

Продолжилась и работа в сфере добычи, в 2023 г. было открыто 43 новых месторождения углеводородов, реализуются крупнейшие отраслевые проекты, в частности «Восток Ойл». Кроме того, продолжил министр, Россия успешно выполняет свои обязательства в рамках сделки ОПЕК+, сокращение добычи в рамках которой позволило стабилизировать мировой нефтяной рынок. Николай Шульгинов подчеркнул, что российские нефтяные компании успешно перенаправляют экспорт на новые рынки, особенно в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Активно развивается и нефтегазохимический комплекс, к 2025 г. производство крупнотоннажных полимеров увеличится на 2,5 млн т и составит почти 10 млн т.

«В целом мы успешно импортозаместили производство всех крупнотоннажных полимеров, за исключением отдельных специальных марок», – уточнил министр.

В газовой сфере, продолжил Николай Шульгинов, в 2023 г. основное внимание уделялось увеличению потребления на внутреннем рынке. Уровень газификации страны составил 73,8%. Продолжилась программа социальной газификации.

«Всего на начало этого года от граждан поступило более 1,5 млн заявок на социальную газификацию их домовладений, заключено более 1 млн договоров», – пояснил министр, напомнив, что в послании к Федеральному Собранию Президент РФ дал поручение распространить социальную газификацию на садоводческие товарищества, расположенные в границах газифицированных населенных пунктов.

Говоря о развитии СПГ, глава энергетического ведомства напомнил, что Россия занимает 4 место по экспорту этого вида топлива, доля страны на мировом рынке составляет 8%. К 2030 г. производство сжиженного природного газа будет увеличено до 100 млн т, что позволит стране занять до 20% глобального рынка.

Кроме того, в 2023 г. продолжалась активная работа по восстановлению энергетической инфраструктуры и обеспечению энергоснабжения Донецкой и Луганской Народных Республик, а также Запорожской и Херсонской областей. В частности, силами энергохолдингов и местных организаций ТЭК было восстановлено более 3 200 объектов электроэнергетики, более 310 км газовых сетей, более 240 объектов газоснабжения, а также отремонтировано 12 энергоблоков 4 ТЭС.

Кроме того, были решены важнейшие социальные задачи – обеспечено электроснабжение ряда населенных пунктов, в том числе городов Мариуполя, Волновахи, Светлодарска, Северодонецкой агломерации. Кроме этого, ликвидированы последствия ЧС в связи с разрушением плотины Каховской ГЭС. Также в целом продолжается интеграция новых регионов в Единую энергетическую систему России.

Говоря об угольной отрасли, министр отметил, что для создания привлекательных инвестиционных условий осуществляются меры поддержки предприятий, позволяющие сохранить их рентабельность и социальную стабильность в регионах присутствия. При этом активно осуществляется переориентация поставок угольной продукции в дружественные страны.

В области электроэнергетики, наряду с введением дополнительных мощностей, также активно ведется работа и по консолидации территориальных сетевых организаций.

«Это позволит повысить надежность электросетевого хозяйства, особенно при масштабных отключениях, вызванных погодным фактором», – заключил он.

Пресс-служба Минэнерго РФ

XXIV Международная научно-практическая конференция по горному и взрывному делу «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО И ВЗРЫВНОГО ДЕЛА»

Кузбасс впервые стал площадкой для обсуждения актуальных вопросов и инноваций в сфере ведения буровзрывных работ на предприятиях горной промышленности – в Кемерове прошла XXIV Международная научно-практическая конференция по горному и взрывному делу «Актуальные проблемы горного и взрывного дела». Решение провести конференцию взрывников именно в сердце угольной отрасли России, было абсолютно верным – здесь добывается около 40% угля от общероссийского показателя, именно здесь берут начало и апробируются в условиях реальной угледобычи все инновационные методы взрывания.

Организаторами конференции выступили одна из крупнейших в России компаний по производству промышленных массовых взрывов «КРУ-Взрывпром», АНО «Национальная организация инженеров-взрывников» и КАО «АЗОТ» при участии научно-образовательного центра «Кузбасс-Донбасс».

Участниками стали более 250 представителей крупнейших горнодобывающих предприятий России, Белоруссии, Казахстана, Киргизии, Монголии, специалисты ведущих российских и зарубежных компаний – производителей и поставщиков взрывчатых материалов, известные ученые горных университетов, Российской академии наук, а также эксперты в области экологического контроля и представители Ростехнадзора.



УНИКАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ ОБМЕНА ОПЫТОМ И ИДЕЯМИ

В своем приветственном слове в рамках пленарного заседания конференции **директор Департамента угольной промышленности Минэнерго России Петр Бобылев** отметил необходимость внедрения инновационных технологий и новых форм организации труда в деятельность угольных компаний с целью увеличения показателей результативности при соблюдении уровня промышленной безопасности.



*«Природные ресурсы нашей страны поистине велики, а уровень добычи угля позволяет полностью удовлетворять потребности отечественной экономики и укреплять позиции России на мировом рынке. Приоритетной задачей, которую решают угольные компании, является повышение эффективности их деятельности на основе использования передовых технологий и высокопроизводительной техники, прогрессивных форм организации труда при обеспечении высокого уровня промышленной безопасности», – подчеркнул **Петр Бобылев**.*

В рамках конференции лидеры обсудили значимые для стратегического развития отрасли вопросы, инновационные решения для повышения безопасности горных и взрывных работ, снижения сейсмического, экологического воздействия буровзрывных работ, в том числе – новые технологии горнодобывающих, гео-

физических и специализированных организаций, связанных с оборотом взрывчатых материалов и предприятий по производству и применению аммиачной селитры; обеспечение горных предприятий современными системами инициирования зарядов взрывчатых веществ; проблемы цифровизации горного, взрывного дела и логистики аммиачной селитры и компонентов для производства взрывчатых веществ и др.

По словам **президента АНО «Национальная организация инженеров-взрывников», заместителя председателя научного совета Российской академии наук по проблемам народнохозяйственного использования взрывов Николая Вяткина**, в области взрывных работ актуализирован уже целый ряд задач, при этом каждая из них обусловлена множеством факторов: динамичным развитием технологий, необходимостью наращивать объемы исследования недр, а также объемы добычи полезных ископаемых, освоением Арктической зоны и, конечно, геополитической ситуацией. Одно из приоритетных направлений для взрывников – обеспечение экологической безопасности при проведении работ.



«Необходимо тщательно подбирать типы взрывчатых веществ и средств инициирования, а также прорабатывать комплекс мероприятий для минимизации воздействия на окружающую среду. Это особенно актуально при проведении взрывов в условиях действующего производ-

*ства. Важно и совершенствование технологий: на подземных работах все еще применяют гранулированные взрывчатые вещества, в то время как на открытых уже используют современные эмульсионные. Словом, сейчас перед всей отраслью стоят сложные, но весьма интересные задачи, решение которых будет способствовать развитию в том числе науки и технологий. Однако видя, как наши специалисты умеют применять лучший опыт, могу с уверенностью сказать: развитию взрывного дела ничего не грозит», – прокомментировал **Николай Вяткин**.*

В ходе конференции делегации крупнейших компаний посетили угольный разрез, где был проведен демонстрационный взрыв с использованием электронной системы инициирования. Современная технология позволяет превратить горный массив в готовую к выемке горную массу за несколько секунд. При этом взрыва на расстоянии 1700 и 1650 метров не слышно и практически не видно. Электронная система рассчитывает и программирует промежутки между взрывами каждой скважины. За счет их медленного поочередного взрывания магнитуда колебания недр – нулевая. Такой взрыв не замечают даже сейсмостанции, при этом в атмосферу попадает меньшее количество вредных выбросов.

Развитие технологий экологически безопасного ведения горных работ – один из приоритетов программы устойчивого развития угольщиков Кузбасса. Над созданием этой технологии угольщики работали несколько лет вместе с учеными и промышленными партнерами. Она прошла все необходимые испытания и доработки и сегодня начала применяться в промышленных масштабах. В первую очередь используют ее на тех предприятиях, где участки горных работ наиболее приближены к населенным пунктам. В планах угольщиков увеличивать долю промыш-

ленных взрывов с использованием электронных систем инициирования. Это напрямую влияет на повышение безопасности открытых горных работ и снижение их экологического и сейсмического воздействия.



«Сегодня в фокусе НОЦ "Кузбасс-Донбасс" – кардинальная трансформация угольной отрасли. Процесс угледобычи должен происходить при максимально бережном отношении к природе и экологии. В регионе активно внедряются передовые технологии буровзрывного дела, основанные на научных исследованиях: только в 2023 году совместными усилиями ученых и производителей в рамках комплексной научно-технической программы «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» разработано 17 инновационных технологий для реальной экономики. Мы стараемся стать примером в плане нового подхода к модернизации не только для других регионов России, но и для всего мира», – отметила **директор научно-образовательного центра «Кузбасс-Донбасс» Ирина Ганиева**.

Генеральный директор «КРУ-Взрывпром» Евгений Борисенко рассказал, что ежегодно компания производит более 3000 промышленных взрывов различного объема, их доля составляет 40% от общего числа массовых взрывов, выполняемых в Кузбассе. Совершенствуется технология производства взрывчатых веществ, общая мощность комплексов составляет 320 тыс. тонн в год. Для повышения эффек-

тивности реализуется технология получения эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) на основе регенерированных отработанных минеральных масел.



«Разработанная нами технология позволяет эффективно использовать отработанные масла, которые ранее рассматривались как отходы и приводили к загрязнению окружающей среды. В России это единственная подобная практика использования отработанных масел. На сегодняшний день доля применения регенерированных отработанных минеральных масел при изготовлении эмульсии ЭВВ на объектах "КРУ-Взрывпром" составляет 87,67%. Новейшие методы экологически чистой переработки использованных минеральных масел позволяют сократить количество отходов и загрязнений в окружающей среде», – добавил **Евгений Борисенко**.

Участники конференции также посетили кемеровский «АЗОТ», являющийся одним из ведущих поставщиков аммиачной селитры промышленного назначения горнодобывающим предприятиям Сибири и Дальнего Востока с производственной мощностью более 1 млн тонн аммиака в год. Аммиачная селитра – основной компонент для изготовления промышленных водоустойчивых и неводоустойчивых взрывчатых веществ. Группа компаний «Азот» объединяет четыре производственных площадки (КАО «Азот», ООО «ААТЗ», АО «ММУ», АО «Аммоний») и остается лидером

по поставке различных видов высококачественной аммиачной селитры (аммиачной селитры ГОСТ 2-2013, пористой аммиачной селитры, товарного раствора аммиачной селитры). В Российской Федерации ГК «Азот» закрывает своей продукцией порядка 60% потребностей взрывников, в Кузбассе – поставляет более 90% аммиачной селитры разных типов для ведения взрывных работ.



«Виды аммиачной селитры, производимые предприятиями группы компаний "АЗОТ", позволяют получать качественные взрывы с максимальным выходом энергии, которые снижают вредные выбросы в атмосферу итак загазованного региона. Мы следуем тенденциям развития горнодобывающей отрасли, понимаем логистические проблемы обеспечения сырьем добывающих предприятий, оцениваем перспективы развития отрасли и выстраиваем свои инвестиционные проекты под потребности горнодобывающей промышленности. Потребление разных видов аммиачной селитры в Кузбассе с 2020 по 2023 год выросло на 41% и было удовлетворено в основном за счет поставок с производственных площадок ГК "АЗОТ". Программа развития на ближайшее десятилетие учитывает рост потребностей угольной и других добывающих отраслей Сибири и Дальнего Востока, и особое место в ней отводится Кузбассу», – отметил **заместитель директора московского филиала КАО «АЗОТ» Сергей Альбрехт**.



УГОЛЬ – КУРЬЕР

АПРЕЛЬ

Бюллетень оперативной информации о ситуации в угольном бизнесе

2024

Угледобывающие регионы

В 2023 г. добыча угля в мире выросла до рекордных 8,7 млрд т, увеличившись за год на 400 млн т. Основной объем добычи угольного топлива обеспечили Китай, Индия и Индонезия. Китай в 2023 г. увеличил добычу угля на 2,9%, до 4,66 млрд т. Индия в текущем финансовом году (с 1 апреля 2023 г. по 31 марта 2024 г.) добыла свыше 1 млрд т угля. Индонезия в 2023 г. увеличила добычу угля до рекордного уровня в 775 млн т. Добыча угля в России в 2023 г. составила 438 млн т, причем 213 млн т этого объема было отправлено на экспорт. **NEDRADV.**

Добыча угля в России за январь-февраль 2024 г. составила 69,9 млн т (100,5% к аналогичному периоду 2023 г.), в том числе каменного угля – 54,1 млн т (101,9%). Добыча антрацита составила 3,9 млн т (94,9%). Коксующихся углей добыто 18,1 млн т (107,2%). Добыча бурого угля составила 15,8 млн т (96,1%). **РОССТАТ.**

Компании Кузбасса в январе-феврале т. г. добыли 34,5 млн т угля, что на 2% меньше, чем за год до этого. Углей коксующихся марок за указанный период было выдано на-гора 11,9 млн т (+5,3%), энергетических – 22,6 млн т (-5,4%). **Финмаркет.**

В Чукотском АО Компания ОАО «Шахта «Угольная» по состоянию на 01.03.2024 извлекла 8,6 тыс. т бурого угля. Предприятие осваивает подземным способом Анадырское бурое угольное месторождение. В годовом сопоставлении результат увеличился на 80% – в январе-феврале 2023 г. на «Угольной» было добыто 4,8 тыс. т угля. **NEDRADV.**

Государственное регулирование

В соответствии с Постановлением Правительства РФ с 01.03.2024 курсовая ставка вывозной таможенной пошлины в отношении каменного угля

составит 5,5% от таможенной стоимости товара. Размер ставки вывозной пошлины рассчитывается Минэкономразвития РФ в соответствии с пунктом 1 постановления Правительства от 21.09.2023 № 1538. С 1 марта по 31 марта 2024 г. в отношении данных товаров применяется ставка вывозной таможенной пошлины в размере 5,5% от таможенной стоимости, в том числе и угля каменного, классифицируемого в товарной позиции 2701 ТН ВЭД ЕАЭС. **Альта-Софт.**

Возврат Правительством РФ экспортных курсовых пошлин на уголь увеличит налоговую нагрузку на предприятия, а также может привести к снижению инвестиционных программ развития угольщиков. Об этом заявил министр угольной промышленности Кузбасса Олег Токарев. **ТАСС.**

Государственная Дума решила разобрататься с ценообразованием в угольной отрасли – Председатель Госдумы Вячеслав Володин назвал недопустимой ситуацию, когда стоимость российского угля для российских компаний выше, чем для зарубежных. **Финмаркет.**

Новости угольного рынка

В конце марта т.г. цены на уголь на Атлантическом угольном рынке вернулись к росту, достигнув 3-месячного максимума, удерживаясь в диапазоне 116-118 дол./т. Котировки южноафриканского угля 6000 превысили уровень 100 дол./т впервые с середины декабря 2023 г. благодаря росту индексов в Европе. В Китае цены спот на уголь 5500 ккал/кг NAR в порту Qinhuangdao ушли вниз на 7 дол./т до 122 дол./т по причине продолжающегося снижения внутренних цен из-за ослабления спроса со стороны энергетических и промышленных предприятий. Индекс индонезийского угля 5900 GAR подешевел на 1 дол./т, до 93 дол./т на фоне высоких фрахтовых ставок и падения внутрен-

них цен в Китае. Котировки австралийского энергетического угля движутся в коридоре 123-125 дол./т, металлургического угля НСС – находятся на уровне 245 дол./т. Спотовые цены на экспортный российский уголь по состоянию на 23.02.2024 г. составили (дол./т, FOB): Балтика – 70,0; Черное море – 76,0; Восточный – 103,94. **Российский уголь.**

Общий объем импорта угля в Китай за январь-февраль вырос на 23% в годовом исчислении, до 74,5 млн т, а импорт ресурса из России упал на 22%, до 11,5 млн т. Импортные пошлины были восстановлены в начале года, хотя другие крупные поставщики, включая Индонезию и Австралию, не пострадали благодаря соглашениям о свободной торговле с Пекином. **РБК.**

Рекордного уровня достигли закупки Индией коксующегося угля в России, которые за последние 7 лет выросли почти в 3 раза и составили более 6 млн т за 11 месяцев финансового года (с апреля 2023 г. по февраль 2024 г.). Средний объем закупок коксующегося угля в России за последние несколько лет составлял около 1,8 млн т. **ИА Красная Весна.**

В результате введения экспортных пошлин при отправке угля в западном направлении после уплаты пошлины и затрат на железнодорожную перевозку и перевалку в порту угольные компании будут зарабатывать всего 3-4 дол. США за 1 т угля, что существенно ниже средней себестоимости добычи, которая составляет в среднем по России 25 дол. США за 1 т.

FORBES.

Мировые цены на коксующийся уголь существенно снизились в марте. Котировки австралийского коксующегося угля (FOB Australia), по данным S&P Global, за две недели марта (1-14 марта) упали на 11,7% по сравнению с началом месяца – до 270,9 дол./т. Коксующийся

уголь в Китае (CFR China) по состоянию на 14 марта предлагался по 287 дол./т, котировки сырья упали на 8,3% по сравнению с началом марта. На Сингапурской бирже фьючерсы на апрель на коксующийся уголь премиум-класса 15 марта установились на уровне 254 дол./т FOB, снизившись на 33 дол./т по сравнению с ценой недели ранее. **GMK.Center.**

Новости угольных компаний

Сальдированная прибыль российских угольных компаний в 2023 г. упала на 53,8% по сравнению с 2022 г., до 374,7 млрд руб. **EastRussia.**

АО «ВоркутаУголь» планирует вложить в производство в ближайшие 10 лет 56,2 млрд руб. Средства направят на реконструкцию центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Печорская», очистных сооружений шахт, а также прирезку запасов угля для дополнительной его добычи в действующих шахтах. **ТАСС.**

На шахте им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» введена в эксплуатацию лава № 24-65 с запасами 3,2 млн т угля. Очистной забой оборудован 202 секциями механизированной крепи. В лавный комплект также вошли очистной комбайн и высокопроизводительный конвейер. Общая длина забойной части лавы составляет 350 м. Ожидаемая среднемесячная нагрузка на забой – не менее 240 тыс. т угля. **NefteGaz.Ru.**

Горняки АО «Разрез Тугнуйский» (АО «СУЭК») добыли 250-миллионную тонну угля. Это результат работы одного из ведущих разрезов России за 35 лет. **Вести Бурятии.**

Группа «ЭЛЬГА» представила план реализации проекта комплексного освоения Огоджинского месторождения каменных углей в Амурской области. Участок включает Сугоджинскую угленосную площадь и Огоджинское месторождение каменных углей. Месторождение считается одним из крупнейших дальневосточных залежей угля. Его разработкой занимается группа «ЭЛЬГА». Лицензией владеет ООО «Огоджинская угольная компания». Суммарные запасы по Огоджинскому месторождению оцениваются в 1,5 млрд т угля. **Vostok.Today.**

Новокузнецкое ООО «Активные угли», принадлежащее холдингу «Топпром», планирует строительство завода по производству промышленного сорбента на основе каменных углей. Создание новых производств по глубокой переработке угля предусмотрено программой развития угольной промышленности России на период до 2030 г., и развитие углехимии тоже входит в число приоритетных задач. Заявленный проект предусматривает 13 млрд руб. инвестиций и создание 200 новых рабочих мест. Срок реализации проекта – 2027 г. **Авант-Партнер.**

Березовский разрез, который сегодня работает в составе СУЭК, отгрузил на Березовскую ГРЭС «юбилейную», 150-миллионную тонну угля. Первая партия твердого топлива ушла на станцию почти 40 лет назад, в ночь с 21 на 22 декабря 1987 г. Березовский разрез и Березовская ГРЭС возводились в 1970-1980 гг. как единый топливно-энергетический комплекс. Между собой предприятия связаны уникальной конвейерной галереей, по ней топливо из забоя поступает на угольный склад станции. **НИА-Красноярск.**

В разрезеуправлении «Уртуйское» Приаргунского производственного горно-химического объединения добыта 100-миллионная тонна угля. Юбилейную тонну угля извлекли из недр в ночную смену 26 февраля экскаваторами Hitachi 1200 № 12 и Kraneks EK500-10 № 16, которыми управляли машинисты Владимир Кравченко и Алексей Семенов. Горными работами руководил горный мастер горно-эксплуатационного участка № 1 Рудольф Шваб. **Читамедиа.**

АО «СУЭК-Кузбасс» ввело в эксплуатацию на шахте «Комсомолец» лаву с запасами 2,3 млн т угля энергетической марки Г. Вынимаемая мощность пласта – 2,3 м. Как ожидается, ежемесячно из лавы будет добываться не менее 240 тыс. т угля. Очистной забой оборудован 178 секциями крепи. **ИНТЕРФАКС.**

Логистика

Поставки угля на экспорт через морские терминалы на Дальнем Востоке в 2023 г. изменились чисто символически (+0,4%), фактически оставшись на прошлогоднем уровне: 98,2 млн т. Экспорт российского угля через порты

Северо-Запада увеличился в 2023 г. на 13,5% к предыдущему году и составил 49,6 млн т (в основном уголь идет в порты Усть-Луга и Мурманск). На южном направлении наблюдалась противоположная тенденция – снижение перевалки угля в портах на 27% год к году до 23,5 млн т. Сильнее всего просела отгрузка через порт в Тамани – в 1,5 раза, до 18,4 млн т. **Ведомости.** За минувший год Красноярская железная дорога увеличила отправку тяжелых угольных составов весом 7100 т в 3 раза в сравнении с 2022 г. Всего за 2023 г. на магистрали было сформировано 763 таких поезда. Тяжеловесные грузовые составы формируются из вагонов повышенной грузоподъемности, перевозка осуществляется мощными 3-секционными локомотивами «Ермак» нового поколения. Это позволило только из Республики Хакасия вывезти дополнительно 594,4 тыс. т угольной продукции. **ОАО «РЖД».**

Проектная мощность угольного морского терминала «Порт Эльга», который строится в районе мыса Манорский в Хабаровском крае, составит 50 млн т в год. Терминал «Порт Эльга» является частью Дальневосточного логистического кластера управляющей компании «ЭЛСИ». С середины октября 2023 г. угольный морской терминал «Порт Эльга» внесен в границы морского порта Ванино. Планируется, что «Порт Эльга» примет первый балкер в конце 2024 г. – начале 2025 г. Порт сможет принимать суда дедвейтом до 100 тыс. т класса Panamax». **PortNews.**

В соответствии с посланием Президента РФ Федеральному собранию в ОАО «РЖД» сформировали целевые ориентиры по увеличению провозной способности инфраструктуры до 2030 г. В частности, к портам Азово-Черноморского бассейна провозную способность планируют увеличить на 27 млн т – до 152 млн т. Еще на 74,4 млн т РЖД планирует увеличить провозную способность инфраструктуры к портам Северо-Запада и на 37 млн т – в направлении Дальнего Востока. В компании рассчитывают, что благодаря этому к 2030 г. среднегодовые темпы роста объемов грузовых перевозок превысят 2%. **Морвести.**

Петренко И.Е.

Международная специализированная выставка технологий горных разработок

УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

Международные специализированные выставки
**ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА
И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**
НЕДРА РОССИИ
ПРОМТЕХЭКСПО

ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС!
ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!



4-7 июня 2024 г.

8 800 500 40 42
www.ugolmining.ru

В масштабе: выставка «Уголь России и Майнинг – 2024» расширяет экспозицию

С 4 по 7 июня 2024 г. в Новокузнецке пройдет XXXII Международная специализированная выставка технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг», организованная выставочной компанией «Кузбасская ярмарка».

Выставка «Уголь России и Майнинг» – это одно из крупнейших отраслевых событий в горнодобывающей промышленности. Более чем за 30 лет работы эта площадка стала центром притяжения для производителей и поставщиков современных технологий, оборудования и услуг для решения задач предприятий региона и страны.

В 2023 г. выставка прошла под девизом «Шире, чем Кузбасс! Глубже, чем Уголь!», объединив компании, работающие в различных отраслях промышленности, связанных с добывающим сектором экономики: горнодобывающей, металлургической, машиностроительной и металлообрабатывающей. Производители и поставщики оборудования, спецтехники, инструмента и оснастки, сервисные и добывающие предприятия, а также металлургические комбинаты были представлены более чем в 30 тематических разделах.



В рамках деловой программы Международного горно-промышленного форума состоялись 76 мероприятий различной тематики. Участие в них приняли 638 экспонентов из 6 стран, посетителями стали 59538 профессионалов отрасли.

Поддерживая набранный темп в 2024 г., организаторы представили дополнительную южную площадку для размещения экспозиций с тяжелой техникой площадью 12500 кв. м. В числе спонсоров и партнеров выставки в 2024 году выступят такие компании как ООО «Техстройконтракт», ООО ТД «Завод «Красный якорь», ООО «ЕРТ-Групп», ООО «Завод МДУ», АО «Копейский машиностроительный завод», АО «Кузнецбизнесбанк», ООО «ПИР», АО «НПК «Система», ООО «Уральская горно-техническая компания», ООО «Доринг», ПАО Сбербанк и ООО «Дис Групп». Генеральный спонсор мероприятия – ООО «Энергия Холдинг».

Вместе с экспозицией расширяется и деловая программа. Так, 6 июня на одной из площадок выставки пройдет премьера – интерактивная сессия «Новые времена – Новые герои». Мероприятие объединит как новых, так и хорошо известных производителей и поставщиков спецтехники, оборудования и услуг для формирования новых промышленных альянсов, решения задач и потребностей горнодобывающих предприятий и отрасли в целом. В программе сессии: презентация новых имен, отраслевых решений, цифровизация горнодобывающей отрасли, обсуждение кадрового вопроса, экологии и охраны окружающей среды,

Директор выставки Альбина Бунеева отметила: «Уголь России и Майнинг» – это мероприятие с профессиональной историей, которое на протяжении трех десятилетий сохраняет статус главной отраслевой площадки. Мы всегда следовали современным тенденциям и стремились сделать участие в мероприятии эффективным и результативным для всех участников и посетителей. Нам приятно наблюдать расцвет горнодобывающей промышленности, который возможен только при активной работе всех игроков отрасли и их стремлении к диалогу и совместному решению задач».

ГЕЙХМАН Исаак Львович

(к 85-летию со дня рождения)

17 апреля 2024 г. исполняется 85 лет со дня рождения видного ученого-горняка и общественного деятеля, члена Высшего Горного Совета России, Почетного члена Президиума Академии горных наук, Вице-Президента Российской Академии естественных наук, Первого Вице-Президента Академии социальных и исторических наук, Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора, доктора технических наук – Гейхмана Исаака Львовича.

Заканчивая Московский горный институт, Исаак Львович поступил работать слесарем-сборщиком на Малаховский экспериментальный завод угольного машиностроения «Гипроуглемаш», где потом работал конструктором, технологом и мастером механического цеха, изготавливая и выпуская горношахтное оборудование для угольной промышленности.

С ноября 1963 г. И.Л. Гейхман – аспирант Института горного дела им. А.А. Скочинского, где прошел путь до первого заместителя генерального директора – директора по науке Национального Центра Горного производства – ИГД им. А.А. Скочинского, защитив кандидатскую и докторскую диссертации. Одновременно несколько лет он преподает в Московском горном институте на кафедре «Технология горного оборудования и горные машины» доцентом и профессором.

Его полувековое служение горной науке нашло признание в нашей стране и за рубежом. Он избран почетным профессором ряда университетов мира, в том числе Центрального Южного политехнического университета Китайской Народной Республики, академиком зарубежных академий: Итальянской Академии экономики и социальных наук, Американской Академии наук, первым вице-президентом Европейской Академии естественных наук (Ганновер).

И.Л. Гейхман является автором более 250 печатных научных трудов, в том числе пяти монографий, имеет более 200 изобретений и патентов, включая патенты Германии, Великобритании, США, Канады и Австралии. Его научные труды успешно внедрены в промышленности. Так, на шахтах Донбасса работали более миллиона созданных им в соавторстве индивидуальных гидравлических стоек ГСУ «Украина».

Работы И.Л. Гейхмана были посвящены проблемам надежности горношахтного оборудования, изучению и созданию средств технического видения, прогнозированию внезапных выбросов метана, созданию безопасных и комфортных условий труда горняков.

Профессор И.Л. Гейхман – автор научного открытия нового физического явления линейной поляризации света при отражении от аморфных полупроводников и их соединений.

Труды Исаака Львовича высоко оценены. Он удостоен сорока государственных, зарубежных и академических наград, награжден Почетной грамотой Президента Российской Федерации, является кавалером ордена «За заслуги перед Отечеством».

И.Л. Гейхман удостоен знаков «Шахтерская Слава» трех степеней, «Шахтерская доблесть», Золотого знака горняка, Высшего Патриаршего знака I степени Святой Великомученицы Варвары -покровительницы горняков.



***Минэнерго России и коллеги по совместной работе,
научная и инженерно-техническая общественность отрасли,
редколлегия и редакция журнала «Уголь»,
коллеги и друзья сердечно поздравляют
Исаака Львовича Гейхмана со славным юбилеем
и желают ему крепкого здоровья, благополучия и долголетия!***

Новые современные сверхкрупногабаритные шины «BELSHINA» с посадочным диаметром 49-63 дюйма

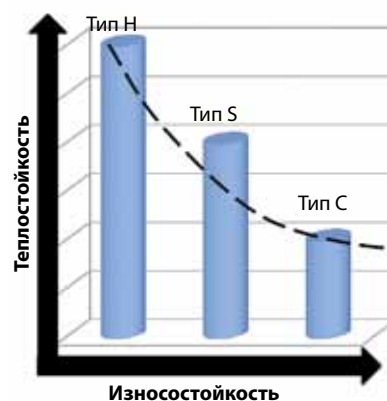
Среди производителей шинной продукции ОАО «Белшина» является одним из крупнейших предприятий в Европе. Компания предлагает потребителю шины для легковых, грузовых, большегрузных автомобилей, строительно-дорожных и подъемно-транспортных машин, электротранспорта, автобусов и сельскохозяйственных машин.

Современный технический уровень оснащения предприятия, квалифицированный персонал, внедрение передовых достижений науки и техники, высокая культура и организация производства гарантируют высокое качество выпускаемой продукции.

На сегодняшний день в ОАО «Белшина» производятся шины с посадочным диаметром 49-63 дюйма. Новые СКГ шины «Belshina» предназначены как для рынка карьерной техники зарубежного производства, так и для комплектации самосвалов особо большой грузоподъемности производства ОАО «БЕЛАЗ».

Новая концепция радиальных шин разработана и в совершенстве освоена специалистами ОАО «Белшина»:

- Производится тщательный контроль каждого этапа освоения производства.
- По мере освоения каждого этапа изготовления сверхкрупногабаритных шин производится отработка технологии изготовления.
- Используются инновационные рецепты резиновых смесей.
- Современный рисунок протектора обеспечивает хороший уровень сцепления с дорогой, исключение пробуксовки и проскальзывания на мокрой дороге, лучший отвод тепла в зоне беговой дорожки, равномерный износ протектора по всей ширине беговой дорожки, высокий уровень сопротивления проколам и порезам.



В рецептуре СКГШ ЦМК ОАО «Белшина» используются новейшие материалы от ведущих мировых производителей.

Тип протектора ЦМК СКГШ:

- S (стандартный);
- С (пореزوустойчивый);
- Н (теплостойкий).

Тип S – компромиссное решение между сопротивлением истиранию и средней скоростью.

Тип С – особенно устойчив к порезам и проколам протектора. В рецептуре порезоустойчивого протектора применяются новейшие модифицированные материалы, позволившие повысить износостойкость протектора шин более чем на 17% от типа S.



40.00R57
46/90R57
59/80R63



27.00R49
33.00R51



24.00R35



21.00R35



Тип H – высокая устойчивость при высокой средней скорости на длинных плечах перевозки при хорошем состоянии дорог. В рецептуре теплостойкого протектора шин (тип H) снижено теплообразование на 25% (по сравнению с типом S), что, соответственно, позволило повысить ТКВЧ. При этом за счет применения новых модифицирующих систем максимально сохранены характеристики износостойкости.

Показатель ТКВЧ (тонно-километры в час) является важнейшим показателем производительности шины в зависимости от максимальной допустимой рабочей температуры.

ОАО «Белшина» обязательно указывает величину ТКВЧ для каждой шины наряду с другими характеристиками в технической документации.

Показатель ТКВЧ шины зависит от конструкции шины, ее размера и типа. Для шин одного и того же размера с одинаковым рисунком протектора, но разным составом резиновой смеси показатели будут разными.

Почему именно продукция производства ОАО «Белшина»:

- Индивидуальный подход к каждому потребителю.
- Гарантийное обслуживание шин до полного износа.
- Оптимальное соотношение цена/качество.
- Индивидуальный контроль качества эксплуатации шин.
- Мониторинг состояния шин и условий эксплуатации с помощью онлайн-сервиса в режиме реального времени.
- Постоянный анализ и контроль режимов эксплуатации квалифицированными шинными инженерами: пробег, давление, температура, нагрузка на шину, показатель ТКВЧ, интенсивность износа.
- Проведение осмотров и замеров остаточной глубины протектора каждой шины не менее 1 раза в 2 недели.
- Ежеквартальное посещение места эксплуатации представителями ОАО «Белшина» с целью проведения обследования условий эксплуатации с предоставлением рекомендаций по дальнейшей эксплуатации и прогноза ходимости шин.
- Оперативное урегулирование рекламационных случаев.

$$\text{ТКВЧ} = \text{средняя величина загрузки шины} \times \text{средняя величина скорости перемещения}$$



Узнавай новости первым!



Подразделения ЯКУТУГЛЯ отметили юбилеи

Подразделения АО ХК «Якутуголь» – разрез «Нерюнгринский» и железнодорожный цех – отметили 45-летие со дня основания, санаторий-профилакторий «Горизонт» – 35 лет.

Железнодорожный цех компании «Якутуголь» ввели в эксплуатацию в марте 1979 г. С тех пор потребителям направили более 365 млн т высококачественного концентрата, используемого в металлургии.

Спустя неделю началась разработка разреза «Нерюнгринский». За период эксплуатации разреза добыли более 375 млн т угля, что делает Якутуголь одним из лидирующих угледобывающих предприятий Якутии.



Санаторий-профилакторий «Горизонт» стал подарком горнякам на первый юбилей разреза «Нерюнгринский». Как и 35 лет назад, сегодня это самый крупный санаторий в Южной Якутии, обладающий мощной лечебно-профилактической базой.

В рамках празднования юбилеев состоялось торжественное собрание работников Якутугля. Отличившиеся сотрудники получили благодарственные письма, почетные грамоты и подарки.

«За каждым юбилеем стоят своя история, люди и достижения. Сегодня хочется вспомнить и поблагодарить тех, кто стоял у истоков нашей компании, создавал ее успешную и яркую историю. От всей души поздравляю сотрудников Якутугля с юбилеями! Мы работаем, развиваемся и уверенно смотрим в будущее», – сказал управляющий директор АО ХК «Якутуголь» Сергей Коломников.

Пресс-служба АО ХК «Якутуголь»



Награждает министр промышленности и геологии РС(Я) М.В. Терещенко

Поздравление от главы Нерюнгринского района Р.М. Щегельяка



**С 18 по 20 апреля 2024 г. в г. Новосибирске пройдет
Всероссийская конференция с международным участием
«ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА РФ В ОБЛАСТИ ГОРНОГО ДЕЛА»,
посвященная 300-летию Российской академии наук и 80-летию со дня основания
Института горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук**

Ведущие специалисты страны и ближнего зарубежья из академических и отраслевых институтов, учреждений высшего образования и производственных предприятий обсудят фундаментальные научные результаты теоретических и экспериментальных исследований в области горных наук, применение которых на практике обеспечит создание и развитие: сквозных и критических технологий эффективной и безопасной добычи стратегически важного минерального сырья; нового поколения горных машин; систем геомеханического и геодинамического мониторинга, оценки состояния геологической среды; цифровизации горного производства.

МЕСТА ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

18 апреля 2024 г.: Новосибирск, ул. Николаева, 11, Центр коллективной работы «Точка кипения – Новосибирск», зал «Институт абсолютного знания».
19-20 апреля 2024 г.: Новосибирск, Красный проспект, 54, ИГД СО РАН, Большой конференц-зал.

ТЕМЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Сквозные технологии комплексного освоения недр и цифровизация горного производства.
- Критические технологии прогноза и предотвращения геодинамических и газодинамических явлений на объектах недропользования.
- Горное машиностроение как основа обеспечения технологического суверенитета в области горного дела.
- Экономический и экологический аспекты обеспечения технологического суверенитета в горной отрасли.
- Ответы на вызовы в области подготовки кадров.

Все сведения о конференции, ее программа размещаются на сайте www.misd.ru.

КОНТАКТЫ

Электронная почта: igd80@misd.ru
Телефоны: (383) 205-30-30 доб. 164, 200
Факс: (383) 205-30-30

Предприятия СУЭК в Красноярском крае готовятся к паводку

Еще в феврале на всех предприятиях стартовали мероприятия, направленные на стабильное прохождение паводкового периода. Специалисты обследуют гидротехнические сооружения, очищают дренажные канавы и водопропускные трубы, готовят к усиленной работе насосное оборудование. На Назаровском разрезе совместную проверку готовности к пропуску талых вод провели специалисты предприятия и общественный инспектор Ростехнадзора.

Главный геолог филиала АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Назаровский» Андрей Корякин говорит: «Высота снежного покрова в этом году сопоставима с прошлогодней, на текущую дату это 28 см, в прошлом году было 30 см. До конца марта, по прогнозам синоптиков, будут держаться минусовые температуры, а значит, серьезных изменений ситуации мы не ожидаем. В любом случае, мероприятия разработаны для всех участков, они выполняются, все идет стабильно».

Интенсивное таяние снега на разрезе ожидают в апреле. На этом этапе будет налажен постоянный контроль за скоплением воды на рабочих бортах и внутренних отвалах, установлены резервные насосы на водоотливе – в постоянной эксплуатации на предприятии задействованы пять



насосных установок, на случай обильного паводка подготовлены две дополнительные установки, которые оперативно могут перебрасываться к местам локального скопления воды.

Общественный инспектор в области промышленной безопасности Ростехнадзора от профсоюза угольщиков Марина Спевакина отмечает, что противопаводковые мероприятия проводятся на разрезе из года в год, их выполнение отработано практически до автоматизма, однако взгляд со стороны помогает предусмотреть даже незаметные в привычной работе нюансы. «Мне нравится, с какой готовностью, заинтересованностью коллеги идут на сотрудничество, прислушиваются к рекомендациям. Это вселяет уверенность, что какие бы сюрпризы ни преподнесла природа, на предприятии будет сохранена динамичная, надежная добыча угля», – говорит Марина Спевакина.

Ближе к завершению паводкового периода и после установления теплой погоды для предприятий СУЭК начнется новый цикл мероприятий – противопожарных, призванных оградить производственные объекты и технику от весенних палов травы и других сезонных опасностей.

Пресс-служба АО «СУЭК»



«Это настоящий восторг»: пятиклассники узнали, как ведется угледобыча на Бородинском разрезе

Гостями крупнейшего в стране предприятия открытой угледобычи и его сервисного железнодорожного подразделения – Бородинского погрузочно-транспортного управления – стали пятиклассники гимназии № 2 соседнего с Бородино города Заозерного. Города разделяют всего 17 км, и школьников Заозерного на бородинских предприятиях СУЭК справедливо рассматривают как потенциальный кадровый резерв.

Экскурсия началась с самой большой железнодорожной станции, расположенной внутри угольного карьера – «Угольной-2». В последние годы на станции проведена большая реконструкция: оборудовано новое локомотивное депо, смонтированы подъездные пути, стрелочные переводы, современные системы освещения и видеонаблюдения. Введена в эксплуатацию микропроцессорная система управления стрелочными переводами и светофорами – теперь дежурная по станции может перевести стрелку простым кликом компьютерной мышки, что очень поразило ребят.

Настоящий восторг у ребят вызвало локомотивное депо, где на ремонте стоят электровозы и тепловозы. В одном из них ребята даже посидели на месте машиниста.

«У меня папа работает машинистом электровоза в погрузочно-транспортном управлении, и он много рассказывал про свою работу, – говорит **пятиклассник Глеб Rogozin**. – Я хотел своими глазами все увидеть, посидеть за рычагами, и сегодня мне и моим одноклассникам это удалось. Нам очень понравилось!»

Увидеть локомотивы в деле пятиклассники смогли на смотровой площадке Бородинского разреза: длинные составы с углем, перевозка породы в думпкарах, слаженная работа шахтеров и железнодорожников, масштабы угольного гиганта – ребята получили массу впечатлений.

«Такие экскурсии важны для школьников, чтобы они знали, какие мощ-



ные промышленные производства есть в крае, гордились им», – уверен **машинист электровоза Бородинского погрузочно-транспортного управления Игорь Rogozin**.

Профориентационные экскурсии школьников на предприятия СУЭК в Красноярском крае проходят регулярно. Только в этом учебном году на Бородинском, Назаровском и Березовском разрезах побывали около 500 учащихся школ и техникумов.

Пресс-служба АО «СУЭК»





Молодые профессионалы – 2024

В Кемерово с 26 февраля по 1 марта 2024 г. прошел региональный чемпионат профессионального мастерства «Профессионалы». Представители предприятий АО ХК «СДС-Уголь» стали экспертами конкурса и оценили уровень подготовки будущих специалистов.

Чемпионат проходил по нескольким номинациям. Участниками стали студенты колледжей и техникумов, которые прошли отборочные соревнования у себя в городах. На площадках работали эксперты, которые оценивали качество и правильность выполнения заданий.

**СДС
УГОЛЬ**

«Я в этом году в первый раз выступал в качестве эксперта на соревнованиях такого уровня. Отлично видеть, что ребята очень ответственно подходят к заданиям, показывают высокий уровень мастерства. Растет достойная смена», –

главный инженер обогатительной фабрики «Черниговская-Коксовая» (АО «Черниговец») Кирилл Щепинов.

На площадке «Обогащение полезных ископаемых» участникам было необходимо показать, насколько они владеют основными методами обогащения углей и способны рационально составить схему цепи аппаратов обогатительной фабрики. Будущие электрослесари подземные разделявали кабель, искали неисправности оборудования, демонтировали насосы, монтировали схему управления ленточного конвейера. Одним из важных критериев на всех площадках было соблюдение требований промышленной безопасности и охраны труда. Все как в жизни.

«Было видно, что ребята хорошо подготовились, показали достойный уровень. С каждым годом мастерство растет, и я это вижу. После таких мероприятий, практик и защит дипломов мы всегда зовем ребят к себе работать. Уже на предприятии они попадают в руки опытных наставников и вырастают в первоклассных специалистов», – делится **электрослесарь подземный шахты «Южная» (филиал АО «Черниговец») Андрей Ильин.**



Управление по связям с общественностью и СМИ

Гуммированный трубопровод

Ключевые слова: обогатительные предприятия, TAPP Group, гуммированный трубопровод, износостойкая резина

На сегодняшний день наиболее распространенными материалами для футеровки являются резина и полиуретан. Однако, в отличие от полиуретановой футеровки, гуммированный трубопровод не подвержен «задиранию». Это позволяет избежать блокировки потока в трубопроводе и минимизировать риски внеплановых простоев на предприятии, что существенно повышает эффективность предприятия.

Гуммирование обеспечивает стойкость к гидролизу, кислотным щелочам и отложению солей. Срок ходимости таких трубопроводов может достигать нескольких десятилетий, а при необходимости такой трубопровод можно локально демонтировать и произвести ремонт необходимой области специальным составом.

Преимуществом гуммирования износостойкой резиной является бесшовность. Гуммирование производится под действием пресса и высокой температуры, так резина сплавляется с металлом, образуя крепкий слой. Под каждый отдельный элемент требуется выполнять свою пресс-форму, но качество такой футеровки намного выше, чем просто оклейка или вулканизация. Мы используем крупномасштабный экструдер для производства бесшовных резиновых труб, что позволяет избежать недостатков «сшитых» труб.



Перед гуммированием мы проводим тщательную пескоструйную обработку. Пескоструйная очистка проводится до блеска металла. Поверхность зачищается от масляных, жировых и грязевых пятен, от окалин, ржавчины, краски и иных посторонних веществ.

Основываясь на многолетнем опыте, мы независимо разработали несколько рецептов резиновых смесей. В соответствии с потребностями заказчика мы подготавливаем первичный компаунд для проведения испытаний, и после достижения необходимых результатов осуществляется производство всей партии.

Мы используем натуральный каучук:

- твердость по А. Шору – 60 ± 5 ;
- износ – $< 60 \text{ мм}^3$;
- прочность на разрыв – $> 16 \text{ Мпа}$.

Кейс:

Компания TAPP Group успешно реализовала нестандартный проект по напорным трубопроводам для строящейся фабрики. Важной особенностью проекта был объем трубопровода, превышавший 7 км, а диаметры варьировались от 200 мм до 700 мм. Проект предприятия был разработан немецким институтом и требовал строгого соответствия международным стандартам.

TAPP Group стала единственной компанией в России, способной выполнить производство и гуммирование трубопровода в соответствии со строгими требованиями.

Путем постоянного совершенствования производственных процессов мы можем изготавливать высокий объем гуммированных трубопроводов всего за 60-70 дней, при этом соответствуя стандартам не только российских, но и международных требований.

Мы поможем увеличить производительность, улучшить общую безопасность и надежность работы предприятия.

TAPP GROUP
TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY



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

Для получения дополнительной информации и оформления заказа обращайтесь:
+7 (4722) 23-28-39;
kalchenko@tapp-group.ru

Подписывайтесь на наш канал
web: www.tapp-group.ru

Наш YouTube-канал:





Распределение продуктов в осадительно-фильтрующей центрифуге

Проф. И.И. Углёв продолжает публикацию ответов на вопросы, задаваемые персоналом углеобогатительных фабрик. В данной статье рассматривается массовое распределение продуктов, выходящих из осадительно-фильтрующей центрифуги.

Ключевые слова: зольность угля, содержание твердого в пульпе, осадительно-фильтрующая центрифуга, извлечение угля в продукты.

Контактная информация – e-mail: uglev@expert-coalprep.ru.

Сколько угля уходит с фугатом центрифуги?

У нас на фабрике установили осадительно-фильтрующую центрифугу для совместного обезвоживания концентрата спиральных сепараторов и флотоконцентрата. Мы периодически проводим опробование продуктов центрифуги с определением в них зольности, влаги концентрата и содержания твердого в фугатах. Однако мы не можем определить количественное распределение угля по продуктам. Можно ли как-то рассчитать, сколько угля фактически уходит с фугатом осадительной секции центрифуги?

Начальник смены ОФ, Кемерово

Хороший вопрос! Как следует из схемы осадительно-фильтрующей центрифуги (ОФЦ), приведенной на рисунке, продуктами центрифуги являются: концентрат (обезвоженный продукт), фильтрат фильтрующей секции центрифуги (ФФС) и фугат осадительной секции центрифуги (ФОС). В настоящее время в угольной промышленности чаще всего применяются осадительно-фильтрующие центрифуги типоразмера 44 × 132 с гидравлической производительностью до 180 м³/ч. Предположим для примера, что в центрифугу поступает: 85 м³/ч пульпы флотоконцентрата, 85 м³/ч концентрата спиральных сепараторов, а также возвращается циркуляцией около 10 м³/ч фугата фильтрующей секции.

В теории обогащения широко используются математические формулы для расчета распределения масс в операциях, в которых получают три продукта. Однако эти форму-

лы довольно громоздки. Для осадительно-фильтрующей центрифуги данными для расчета являются зольность и содержание твердого в питании и продуктах. Мы ввели в таблицу данные опробования, которые вы нам прислали. Из таблицы видно, что ФОС является высокозольным продуктом центрифуги, поэтому его обычно, с учетом низкого содержания твердого, отправляют в отходы. В этом случае ФОС представляет интерес как продукт, определяющий потери угля.

На основании этих данных можно рассчитать выходы твердого в концентрат Y_k , в ФФС – $Y_{фс}$, в ФОС – $Y_{ос}$ в процентах, используя следующие формулы:

$$Y_k = \frac{\left(\frac{A_{ос} - A_{п}}{A_{ос} - A_{фс}}\right) - \left(\frac{1/C_{ос} - 1/C_{п}}{1/C_{ос} - 1/C_{фс}}\right)}{\left(\frac{A_{ос} - A_{к}}{A_{ос} - A_{фс}}\right) - \left(\frac{1/C_{ос} - 1/C_{к}}{1/C_{ос} - 1/C_{фс}}\right)} \times 100, \% \quad (1)$$

$$Y_{фс} = \frac{\left(\frac{A_{ос} - A_{п}}{A_{ос} - A_{к}}\right) - \left(\frac{1/C_{ос} - 1/C_{п}}{1/C_{ос} - 1/C_{к}}\right)}{\left(\frac{A_{ос} - A_{фс}}{A_{ос} - A_{к}}\right) - \left(\frac{1/C_{ос} - 1/C_{фс}}{1/C_{ос} - 1/C_{к}}\right)} \times 100, \% \quad (2)$$

$$Y_{ос} = 100 - Y_k - Y_{фс}, \% \quad (3)$$

При влаге концентрата $W_r = 14\%$ содержание твердого в концентрате будет $C_k = 86\%$.

Исходные данные для расчета распределения твердого в ОФЦ

Продукт ОФЦ	Зольность, %	Содержание твердого (влага), вес., %	Выход сухого твердого, %
Питание	$A_{п} = 11,7$	$C_{п} = 33$	$Y_{п} = 100$
ФФС	$A_{фс} = 17,3$	$C_{фс} = 34$	$Y_{фс} = ?$
ФОС	$A_{ос} = 33,7$	$C_{ос} = 3$	$Y_{ос} = ?$
Обезвоженный концентрат	$A_{к} = 10,0$	$W_r = 14$	$Y_{к} = ?$

Подставляя значения из таблицы в формулу (1), получим выход концентрата $Y_k = 88\%$, подставляя значения в формулу (2), получим $Y_{fc} = 7\%$, и согласно формуле (3) $Y_{oc} = 100 - 88 - 7 = 5\%$.

Учтем, что средняя нагрузка по твердому на осадительно-фильтрующую центрифугу составляет около 65 т/ч. Следовательно, в вашем случае из каждых 65 т сухого твердого, поступающих в центрифугу, 57,2 т будут выходить в виде обезвоженного концентрата, 4,6 т будут циркулировать с фугатом фильтрующей секции, и 3,3 т попадут в фугат осадительной секции. Таким образом, при обезвоживании угля в центрифуге из каждых 65 т твердого в питании в отходы с фугатом осадительной секции будут уходить 3,3 т/ч угля зольностью 33,7%.

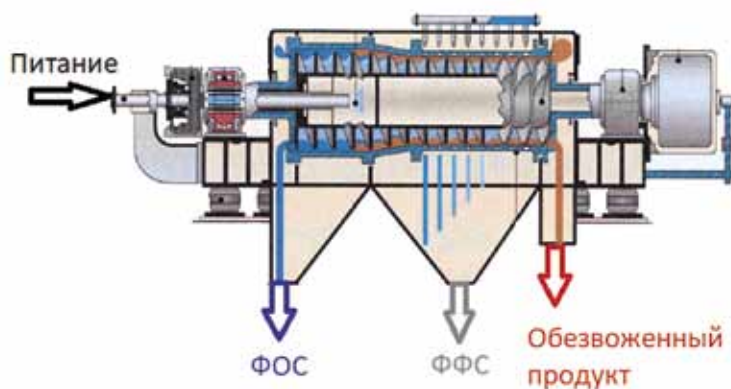


Рис. Схема продуктов осадительно-фильтрующей центрифуги

На шахте СУЭК приступили к отработке лавы с запасами угля более трех миллионов тонн

На шахте имени С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» введена в эксплуатацию лава № 24-65 с запасами угля 3,2 млн т.

Очистной забой оборудован 202 секциями механизированной крепи, специально изготовленной под горно-геологические условия данного предприятия. В лавный комплект также вошли высокопроизводительные конвейер и очистной комбайн. Общая длина забойной части лавы составляет 350 м, что обеспечивает эффективную и безопасную добычу угля.

Вынимаемая мощность пласта «Болдыревский» – 2,4 м, марка угля – «ГЖ». Ожидаемая среднемесячная нагрузка на забой – не менее 240 тыс. т угля, что позволит эффективно использовать запасы угля на новой лаве и поддерживать стабильный ритм добычи на шахте.

Отрабатывает лаву № 24-65 слаженная бригада Олега Германа. По итогам 2023 г. очистниками было выдано на-гора более 2,6 млн т угля, лучший результат месячной добычи составил 318 тыс. т угля. В рамках корпоративного профессионального клуба «Добычник» этот коллектив неоднократно становился призером производственного соревнования АО «СУЭК-Кузбасс».

Угольно-энергетическая компания «СУЭК» активно работает в Сибири, на Урале и Дальнем Востоке. В Кузбассе компания ведет добычу угля на трех разрезах и семи шахтах, а также владеет пятью углеобогатительными фабриками.

Пресс-служба АО «СУЭК»



Экономические и технические аспекты утилизации золошлаковых отходов*

Economic and technical aspects of fly ash disposal

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-22-26>

ГАНИЕВА И.А.

Доктор экон. наук, директор АНО
«Научно-образовательный центр «Кузбасс»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ikolesni@mail.ru

ШЕПЕЛЕВ Г.В.

Канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: shepelev-2@mail.ru

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение от 28.09.2022 № 075-10-2022-115 «Разработка и реализация эффективной системы управления исследованиями, инновациями, производством и выводом на рынок новых продуктов на основе научно-производственного партнерства научных и образовательных организаций и реального бизнеса».

Проблема утилизации золошлаковых отходов (ЗШО) рассмотрена с точки зрения экономической привлекательности для возможных заинтересованных организаций. Рассмотрены основные направления утилизации ЗШО, проведена оценка потенциальной доходности и объемов рынков продуктов переработки.

Показано, что достаточно серьезным препятствием, осложняющим организацию бизнеса на переработке ЗШО, является то, что продукты переработки являются непрофильным бизнесом для генерирующих компаний. Препятствием для привлечения крупных инвестиций могут являться не очень большие объемы потребления соответствующих продуктов. Крупные потенциальные потребители также могут встретить проблемы, связанные с вариативностью состава ЗШО и, соответственно, состава конечного продукта.

Наиболее заинтересованными структурами в организации переработки запасов ЗШО могут быть малые и средние предприятия. Для них основными проблемами будут доступность инвестиционных средств и доступ к крупным потребителям продукции, обеспечивающие рентабельность бизнеса.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, ЗШО, переработка отходов ТЭС, экономика переработки отходов.

Для цитирования: Ганиева И.А., Шепелев Г.В. Экономические и технические аспекты утилизации золошлаковых отходов // Уголь. 2024;(4):22-26. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-22-26.

Abstract

The problem of waste disposal is considered from the point of view of economic attractiveness for possible interested organizations. The main directions of waste disposal are considered, an assessment of the potential profitability and volume of the markets of processed products is carried out.

It is shown that a rather serious obstacle complicating the organization of business in the processing of ashes and slag waste is that the processed products are a non-core business for generating companies. An obstacle to attracting large investments may be not very large volumes of consumption of the relevant products. Large potential consumers may also encounter problems related to the variability of the composition of the PO and, accordingly, the composition of the final product.

Small and medium-sized enterprises may be the most interested structures in organizing the processing of ashes and slag waste reserves. For them, the main problem will be the availability of investment funds and access to large consumers of products, ensuring the profitability of the business.

Keywords

Fly ash, waste processing of thermal power plants, the economy of waste processing.

For citation

Ganieva I.A., Shepelev G.V. Economic and technical aspects of fly ash disposal. *Ugol'*. 2024;(4):22-26. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-22-26.

Acknowledgment

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No. 075-10-2022-115 dated 28.09.2022 "Development and implementation of an effective management system for research, innovation, production and launch of new products on the basis of scientific and industrial partnership of scientific and educational organizations and real business".

ВВЕДЕНИЕ

С 2022 г. реализуется комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла (КНТП) «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» [1]. За это время уже были разработаны технологии, которые заинтересовали угледобывающие компании как в Кузбассе, так и в других регионах страны. Один из блоков работы в рамках КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» называется Экология и здоровьесбережение [2]. В рамках КНТП предусмотрены работы в том числе по использованию золошлаковых отходов ТЭС. Успешность трансфера результатов научно-технических разработок, полученных в рамках КНТП, во многом определяется не только техническими, но и экономическими показателями разрабатываемых технологий. В данной статье такой анализ проведен на примере анализа имеющихся технологий утилизации золошлаковых отходов (ЗШО). Дополнительную актуальность такому анализу придает то, что в настоящее время реализуется работа по Распоряжению Правительства Российской Федерации, направленная на повышение степени переработки ЗШО [3].

ПРОБЛЕМА НАКОПЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗШО

Вопросы переработки и утилизации золошлаковых отходов (ЗШО) тепловых электростанций (ТЭС) давно стоят на повестке дня [4]. В настоящее время, по различным данным, накопленные запасы ЗШО составляют от 1,3 млрд т [5] до 1,8 млрд т. В России эксплуатируются 172 ТЭС на угле, которые потребляют в год 123 млн т угля [6]. Ежегодный прирост объемов ЗШО оценивается разными экспертами от 18 (по данным Минэнерго России) до 26 млн т (по данным Росприроднадзора).

Площадь земель, занимаемая золоотвалами, составляет примерно 28 тыс. га [7]. Одним из прямых экономических рисков от сохранения текущей системы обращения с ЗШО в России является заполнение текущих емкостей золоотвалов [8]. В течение ближайшего года могут быть заполнены проектные емкости четырех ТЭС, в течение следующих трех лет – еще 11 ТЭС. Необходимость увеличения емкостей размещения в перспективе до 2030-2035 гг. возникнет на 43 ТЭС из 172 в Российской Федерации. Совокупно до 2035 г. потенциальные дополнительные капитальные расходы отрасли на строительство новых золоотвалов могут составить 60 млрд руб. При этом с учетом всех сопряженных с реализацией инвестиционных мероприятий затрат (налог на имущество, обслуживание кредитных средств) совокупные расходы генерирующих компаний на строительство новых емкостей могут достигнуть 113,7 млрд руб.

Хотя ЗШО относятся к 5 классу опасности (практически неопасные), длительное хранение ЗШО без принятия соответствующих мер безопасности может приводить к накоплению вредных веществ выше предельно допустимых концентраций. Поэтому накопление ЗШО требует дополнительных затрат, препятствующих негативному воздействию на экологию и здоровье населения.

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗШО

Потенциал использования ЗШО может реализовываться по нескольким направлениям. В настоящее время известно довольно много технологий переработки ЗШО с выделением одного или нескольких целевых продуктов. Обзоры некоторых технологий можно найти как в отечественной [9], так и в зарубежной [10] литературе. Наиболее простое применение ЗШО – как инертного материала при строительстве автомобильных дорог. По существу, ЗШО используется вместо песка, что определяет возможный экономический эффект в размере 200-250 руб. в расчете на тонну ЗШО [11].

В отечественной литературе очень мало данных по экономике использования ЗШО. Например, основное внимание в статье [12] уделено вопросам влияния транспортных затрат на экономические показатели использования ЗШО для строительства. Поскольку при таком использовании ЗШО конкурируют с обычным инертным материалом – песком, экономическая эффективность использования дешевого материала будет лимитироваться затратами на его транспортировку. По расчетам разных авторов, такая стоимость материала ограничивает зону его рентабельного использования расстоянием 100-200 км от места складирования.

Продукты ЗШО и их рыночная стоимость
Ashes and slag waste products and their market value

Продукт	Концентрация в ЗШО, %	Стоимость 1 т продукта, тыс. руб.	Стоимость на 1 т ЗШО, руб.
Несгоревший уголь (недожег)	от 0 до 15	7-15	1000
Алюмосиликатная микросфера	от 0,1 до 3	25,1-133	1500
Оксиды железа	от 4 до 17	4,9-26	500
Al ₂ O ₃	от 9 до 37	32,2-170,7	25000
SiO ₂	от 30 до 63	107-114	20000

В то же время в составе ЗШО имеются составляющие, которые по стоимости сильно превышают стоимость песка (см. табл. 1, где приведены некоторые из компонентов, их концентрация и стоимость на рынке).

В зависимости от используемого угля (месторождения) и методов сжигания концентрация полезных продуктов может меняться в широких пределах (см. табл. 1). Средняя стоимость продуктов, которые могут быть выделены из ЗШО, существенно превышает стоимость песка.

Отдельно укажем потенциал по редким (РМ) и редкоземельным (РЗМ) металлам – их добыча из ЗШО часто обсуждается в литературе. В табл. 2 приведены данные по содержанию наиболее дорогих РМ и РЗМ в отвалах одной из ТЭС, стоимость за грамм и примерная стоимость соответствующего элемента в 1 т ЗШО. Общее количество РМ и РЗМ может составлять около 700 г на 1 т ЗШО, а общая стоимость только этих элементов составляет более 80 тыс. руб. на 1 т ЗШО, то есть примерно равна или даже превышает стоимость угля, из продуктов сгорания которого можно выделить эти элементы.

Однако себестоимость выделения компонентов из угля может оказаться довольно значительной, и в результате чистый доход (прибыль) от переработки ЗШО оценочно составит примерно 10% от продажной цены, то есть 200-2500 руб. на 1 т ЗШО.

ЧТО ПРЕПЯТСТВУЕТ РАЗВИТИЮ УТИЛИЗАЦИИ ЗШО. РИСКИ И ИХ НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ

Несмотря на имеющийся потенциал, использование ЗШО скорее исключение, чем правило. По оценкам экспертов, доля переработки ЗШО в ежегодно генерируемых объемах не превышает десяти процентов. Рассмотрим основные причины такой ситуации.

Экономические риски

Если принять стоимость угля около 200 дол. США за 1 т [13] (или около 15 тыс. руб. за 1 т), то затраты на уголь, при сжигании которого образуется 1 т ЗШО, составят примерно 75 тыс. руб. Соответственно, чистый доход от продажи переработки ЗШО в перерасчете на 1 т исходного угля составит 0,5-5% его исходной стоимости. Понятно также, что для ТЭС производство экономически рентабельной продукции из ЗШО является непрофильным, то есть потребует привлечения специалистов, которые изначально отсутствуют в штате ТЭС. Масштаб такого непрофильного бизнеса (с учетом того, что стоимость угля – не единственные затраты при производстве электроэнергии) составит несколько процентов от основной деятельности и, как следствие, не представляет значимого коммерческого интереса для энергогенерирующих компаний.

Таблица 2

Редкие и редкоземельные металлы из ЗШО и их рыночная стоимость
Rare and rare earth metals produced from the ashes and slag waste and their market value

Элемент	Содержание, г/т	Стоимость, руб. за 1 г	Стоимость на 1 т ЗШО, тыс. руб.
Rb	28,6	2300,0	65780,0
Sc	22,1	140,0	3090,5
Pr	20,8	130,0	2707,3
Li	207,7	12,0	2492,7
Ce	191,6	10,0	1916,0
Ga	32,4	40,0	1295,0
Y	77,7	15,0	1165,5
Nd	79,5	9,0	715,3
Hf	9,1	75,0	678,8
Eu	2,8	220,0	610,5
Be	7,8	75,0	585,0
Dy	13,3	40,0	531,0
Tm	1,1	500,0	525,0

Объемы рынков

Если говорить о потенциальных масштабах возможной утилизации ЗШО с производством востребованных продуктов, то следует оценить потенциальные рынки по целевым продуктам. В табл. 3 приведены данные по оценке накопленных и ежегодных запасов по различным продуктам и данные по рынкам, включая объемы импорта и экспорта соответствующих продуктов.

Видно, что только рынки концентрата железа и глинозема могут обеспечить спрос, достаточный для утилизации вновь генерируемых объемов ЗШО. Рынки прочих продуктов малозначимы в масштабах годовой генерации ЗШО и могут представлять интерес только для малых производств, рассчитанных на локальных потребителей. Глобальное решение проблемы накопления ЗШО они не обеспечат.

Технические риски

В первую очередь следует сказать о неоднородности состава ЗШО. Состав ЗШО сильно зависит от состава исходного угля и может варьироваться в широких пределах. Это приводит к большим разбросам концентрации различных веществ в ЗШО (см. табл. 1). Соответственно, даже реализованные технологии придется адаптировать к условиям конкретной ТЭС.

Дополнительным фактором является то, что в зависимости от технологии сжигания угля и транспортировки ЗШО в шлакохранилища состав в различных местах шлакохранилища также может значительно меняться.

Экологические платежи и штрафы

Существующие ставки платежей за генерацию отходов составляют около 20 руб. за 1 т ЗШО и на фоне общих затрат ТЭС не являются значимым фактором, стимулирующим переработку даже вновь генерируемых объемов ЗШО.

Возможные меры поддержки

Меры возможной поддержки решения задачи организации переработки ЗШО с учетом проведенного обсуждения можно разделить на несколько групп: научно-технические, организационные и экономические методы стимулирования.

Научно-техническая поддержка

Потребители перспективной в экономическом плане продукции переработки ЗШО относятся к разным отраслям, поэтому для реализации производственных технологий требуется набор инженерных компетенций в разных областях.

С учетом того, что деятельность по переработке ЗШО является непрофильной для большинства потенциальных участников, список наилучших доступных и перспективах технологий (НДТ) целесообразно расширить с учетом перспектив различных технологий и масштабов рынков соответствующей продукции.

Целесообразно разработать библиотеки типовых проектов на переработку с учетом состава ЗШО, характерно для различных месторождений энергетических углей.

Такую работу целесообразно провести централизованно, чтобы обеспечить единые методы оценки перспективности технологий для конкретных ТЭС.

Организационные меры поддержки

Наиболее наглядным может быть проведение такой работы в составе технопарка, где можно было бы организовать демонстрацию различных технологий и при необходимости обеспечить заинтересованные организации консультациями по организации соответствующих производств.

На основе обобщения опыта можно обеспечить консультации по применимым технологиям переработки для конкретного отвала ЗШО.

В частности, целесообразно разработать типовой набор исследований состава ЗШО для определения перспективных вариантов переработки для конкретных ТЭС. Необходимо разработать списки рекомендуемого аналитического оборудования для обеспечения определения состава ЗШО.

Экономические стимулы

Из стимулов экономического характера можно рассмотреть следующие варианты:

- дотации на проведение испытаний ЗШО (дотации из фонда, в который проводят отчисления из уже реализованных проектов, получивших субсидии);
- субсидирование создания производств по переработке ЗШО;
- льготное кредитование производств по переработке ЗШО;
- гарантированные закупки продуктов переработки ЗШО (обеспечение подписания соглашений с крупными потребителями глинозема, кремнезема, железа, РЗМ и др.);
- государственное задание на разработку (доработку) технологий под конкретные требования шлакохранилищ.

Довольно часто обсуждается повышение экологических платежей за хранение производственных отходов. С учетом оценки потенциала рынков такое повышение окажет лишнюю нагрузку на бизнес без варианта решения вопроса через внедрение технологий, обеспечивающих масштабную переработку ЗШО.

Прочие возможные меры воздействия, например, стимулирующие выплаты за обеспечение объемов утилизации, могли бы влиять более значимо, но такие действия достаточно сложно организовать.

Выводы

Из проведенного анализа следует, что для решения проблемы утилизации ЗШО экономические стимулы слишком слабы, чтобы обеспечить масштабное решение вопроса. Меры, предпринимаемые со стороны федеральных органов исполнительной власти, не носят определяющего характера. Радикальное решение проблемы потребует согласованных усилий нескольких министерств.

Затраты, которые необходимо вложить в организацию переработки вновь генерируемых объемов ЗШО, сравнимы со средствами, которые могут потребоваться для строительства новых золоотвалов.

Список литературы • References

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р. Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения».
2. Опыт и уроки подготовки КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» / И.А. Ганиева, Г.В. Шепелев, П.М. Бобылев и др. Уголь. 2022. № 11. С. 17-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-17-24. Ganieva I.A., Shepelev G.V., Bobylev P.M. & Petrik N.A. Experience and lessons learned in preparing the 'Clean Coal – Green Kuzbass' Integrated Scientific and Technical Project. *Ugol'*. 2022;(11):17-25. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-17-25.
3. Распоряжение Правительства РФ от 15 июня 2022 г. № 1557-р «Об утверждении комплексного плана по повышению объемов утилизации золошлаковых отходов V класса опасности». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404744607/?ysclid=lj3wprqko0797950749> (дата обращения: 15.03.2024).
4. Государственные доклады — Минприроды России (mnr.gov.ru). URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyu_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2021_/?ysclid=lgqd72qp27276378077 (дата обращения: 15.03.2024).
5. Максимов А. В 17 российских регионах ведется разработка программ утилизации продуктов сжигания угля на ТЭС и в котельных. Министерство энергетики РФ (minenergo.gov.ru). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/24105?ysclid=lgukssdiv7286419341> (дата обращения: 15.03.2024).
6. Восканян Е. Золошлаки: нерешенная проблема // Энергетика и промышленность России. 2019. № 05. С.10. <https://www.eprussia.ru/epr/361/>. Voskanyan E. Ash slags: an unsolved problem. *Energy and Industry of Russia*. 2019;(05):10. (In Russ.). <https://www.eprussia.ru/epr/361/>.
7. Комитет Государственной Думы по энергетике проводит круглый стол на тему: «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов (ЗШО) угольных ТЭС» (duma.gov.ru). URL: <http://komitet2-13.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/18154738> (дата обращения: 15.03.2024).
8. Золотова И.Ю., Бобылев П.М. Тарифные и бюджетные эффекты от увеличения объемов утилизации золошлаков угольных электростанций в России. КиберЛенинка. (cyberleninka.ru). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tarifnye-i-byudzhetye-effekty-ot-uvlicheniya-obemov-utilizatsii-zoloshlakov-ugolnyh-elektrostantsiy-v-rossii?ysclid=lgq9saeyj955325756> (дата обращения: 15.03.2024).
9. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий. ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». М., СПб.: Реноме, 2019. 824 с.
10. Coal Combustion Products (CCP's) Characteristics, Utilization and Beneficiation. Edited by Tom Robl, Anne Oberlin, Rod Jones. Woodhead Publishing, 2017.
11. Моснеруд. Песок и щебень. URL: <https://mosnerud.ru/catalog/pesok-s-dostavkoj/> (дата обращения: 15.03.2024).
12. Золотова И.Ю. Теоретическая экономическая модель утилизации золошлаковых отходов угольных ТЭС в России // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Экономика и право. 2020. № 8. С. 24-29. DOI: 10.37882/2223-2974.2020.08.08. Zolotova I.Yu. Theoretical economic model of coal combustion product utilization in Russia. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya Ekonomika i pravo*, 2020;(8):24-29. (In Russ.). DOI: 10.37882/2223-2974.2020.08.08.
13. Уголь – Фьючерсный контракт – Цены. 2008-2023 данные. 2024–2025 прогноз. (tradingeconomics.com). URL: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/coal> (дата обращения: 15.03.2024).

Authors Information

Ganieva I.A. – Doctor of Economics, Research and Academic Centre «Kuzbass», Director, Research and Academic Centre «Kuzbass», Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ikolesni@mail.ru

Shepelev G.V. – PhD (Physical and Mathematical), Leading Specialist, Research and Academic Centre «Kuzbass», e-mail: shepelev-2@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 2.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 2, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 662.749.33 © Т.Г. Черкасова✉, А.В. Неведров, А.В. Папин, 2024

UDC 662.749.33 © T.G. Cherkasova✉, A.V. Nevedrov, A.V. Papin, 2024

Институт химических и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies,
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU),
Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Каменноугольный пек атмосферно-вакуумной перегонки каменноугольной смолы*

Coal tar pitch from atmospheric-vacuum distillation of coal tar

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-27-30>

В статье рассматривается процесс получения каменноугольного пека методом атмосферно-вакуумной перегонки каменноугольной смолы. В качестве исходного сырья применялась каменноугольная смола производства ПАО «Кокс». При проведении исследований конечная температура кубового остатка в колбе составляла 420°C. Полученные образцы каменноугольного пека подвергались исследованию по определению их качественных характеристик. Результаты исследований анализировались на соответствие качества полученного образца пека требованиям ГОСТ 10200-2017. На основании результатов сравнительного анализа сделан вывод о пригодности полученного пека для применения в электродном производстве.

Ключевые слова: каменноугольная смола, каменноугольный пек, атмосферно-вакуумная перегонка, электродное производство.

Для цитирования: Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Каменноугольный пек атмосферно-вакуумной перегонки каменноугольной смолы // Уголь. 2024;(4):27-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-27-30.

Abstract

The article discusses the process of obtaining coal tar by atmospheric vacuum distillation of coal tar. Coal tar produced by PJSC "Koks" was used as a feedstock. During the research, the final temperature of the cubic residue in the flask was 420 °C. The obtained samples of coal tar were examined to determine their qualitative characteristics. The research results were analyzed for compliance of the quality of the obtained pitch sample with the requirements of GOST 10200-2017. Based on the results of the comparative analysis, a conclusion is made about the suitability of the resulting pitch for use in electrode production.

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор химических наук, профессор,
директор Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

НЕВЕДРОВ А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: nevedrov@kuzstu.ru



**НОЦ
КУЗБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Исследование выполнено за счет гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1193).

ПАПИН А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Keywords

Coal tar, coal pitch, atmospheric vacuum distillation, electrode production.

For citation

Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V. Coal tar pitch from atmospheric vacuum distillation of coal tar. *Ugol'*. 2024;(4):27-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-27-30.

Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1193).

ВВЕДЕНИЕ

Пек является важнейшим сырьевым компонентом для целого ряда высокотехнологичных уникальных продуктов [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Потребности в каменноугольном пеке непрерывно увеличиваются в различных отраслях промышленности. Основной потребитель – алюминиевая отрасль. В технологии электродного производства каменноугольный пек выполняет функцию связующего для твердых высокоуглеродистых материалов и должен обладать хорошей смачивающей способностью по отношению к ним. При термической обработке электродной массы (смеси твердых углеродных материалов и связующего пека) пек должен обладать хорошей спекающей способностью и обеспечивать высокий выход коксового остатка. Поэтому пек должен обладать низким содержанием низкомолекулярных углеводородов и иметь небольшое содержание веществ, не растворимых в хинолине (α_1 -фракции).

Основным источником получения пеков является каменноугольная смола [7]. Каменноугольная смола является побочным продуктом коксохимических производств, главным целевым продуктом которых является каменноугольный кокс. Ежегодное производство металлургического кокса в мире составляет 600 млн т. В процессе коксования углей образуется около 20 млн т каменноугольной смолы в год [8].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В России металлургический кокс производится на одиннадцати заводах, и при этом образуется 1,2 млн т в год каменноугольной смолы. Только на двух из всех российских заводов, не вырабатывают каменноугольный пек – остаток дистилляции каменноугольной смолы, являющийся сырьем для получения наиболее маргинальных продуктов из угля, которыми являются игольчатый кокс и высокомодульное углеродное волокно. Один из этих двух заводов расположен в Кузбассе (ПАО «Кокс»).

Каменноугольный пек получают путем разгонки каменноугольной смолы на фракции [9]. Данный процесс может осуществляться либо при атмосферном давлении, либо путем атмосферно-вакуумной перегонки. При протекании данных процессов из каменноугольной смолы удаляются низкомолекулярные углеводороды в составе отдельных фракций. Остатком дистилляции (перегонки) смолы является каменноугольный пек, в состав которого входят в основном тяжелые углеводороды. На большинстве заводов России используется схема фракционирования каменноугольной смолы в одноколонном агрегате при атмосферном давлении [10]. Однако данный метод переработки каменноугольной смолы характеризуется плохой управляемостью процесса ректификации и низкой четкостью разделения компонентов смолы по фракциям. В связи с этим большой интерес представляют исследование процесса атмосферно-вакуумной перегонки каменноугольной смолы и оценка качества получаемого при этом каменноугольного пека.

Были проведены исследования по получению образцов каменноугольного пека на лабораторной установке по атмосферно-вакуумной перегонке каменноугольной смолы (см. рисунок). В качестве исходного сырья использовалась каменноугольная смола производства ПАО «Кокс». Каче-

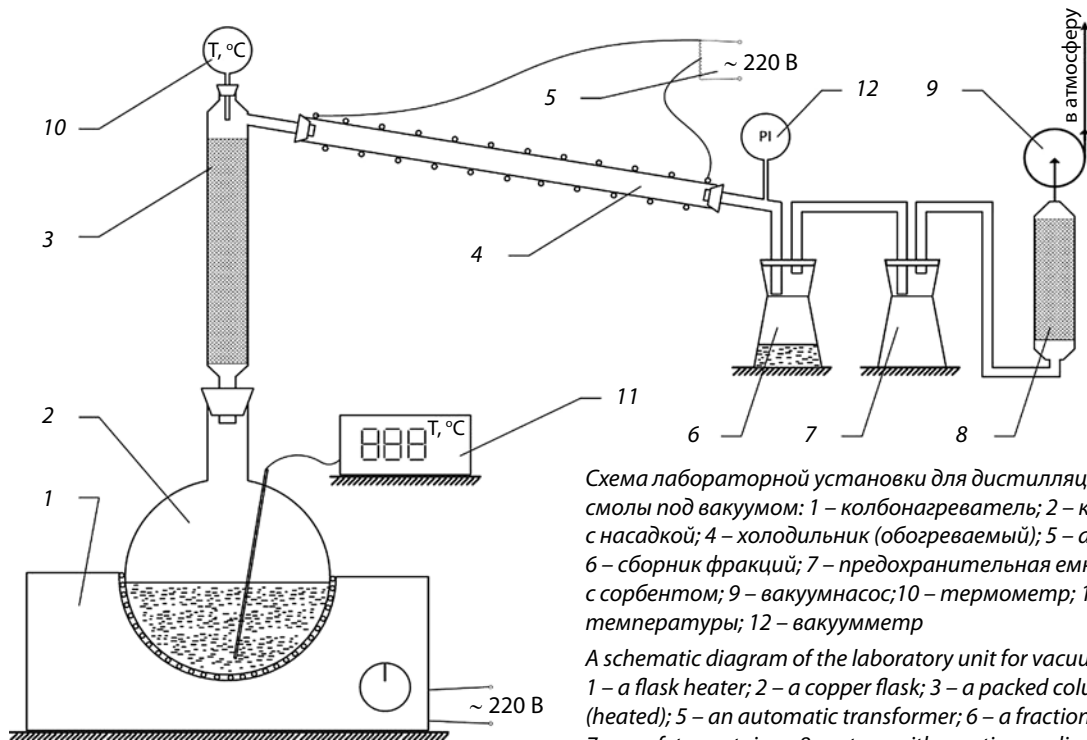


Схема лабораторной установки для дистилляции каменноугольной смолы под вакуумом: 1 – колба нагреватель; 2 – колба медная; 3 – колонна с насадкой; 4 – холодильник (обогреваемый); 5 – автотрансформатор; 6 – сборник фракций; 7 – предохранительная емкость; 8 – ловушка с сорбентом; 9 – вакуумнасос; 10 – термометр; 11 – измеритель температуры; 12 – вакуумметр

A schematic diagram of the laboratory unit for vacuum coal tar distillation: 1 – a flask heater; 2 – a copper flask; 3 – a packed column; 4 – a refrigerator (heated); 5 – an automatic transformer; 6 – a fraction collector; 7 – a safety container; 8 – a trap with sorptive medium; 9 – vacuum pump; 10 – a thermometer; 11 – a temperature gauge; 12 – a vacuum meter

ственные характеристики смолы представлены в табл. 1. Получение пека на лабораторной установке осуществлялось следующим образом.

В медную колбу для дистилляции помещается 500 г каменноугольной смолы. Затем колба устанавливается в колбонагреватель и присоединяется к дистилляционной колонне, на колбу и колонну крепится теплоизоляция. С помощью вакуумного насоса создается необходимое значение требуемого разряжения. После этого включается обогрев колбы со смолой. Перегонка каменноугольной смолы проводится на лабораторной установке путем ее нагревания до заданной температуры. По мере нагревания из смолы удаляются легкокипящие фракции, а пек накапливается в колбе. Конечная температура перегонки смолы (температура кубового остатка) составляла 420°C.

После получения всех фракций нагрев прекращается, и колба остывает естественным образом. После того, как колба остыла, установка разбирается, и извлекается колба. Для извлечения пека из колбы ее нагревают до температуры 150°C, колбу разбирают и пек выливают в приемную емкость.

Выход каменноугольного пека при атмосферно-вакуумной перегонке каменноугольной смолы ПАО «Кокс» составил 54,0 мас. %.

К основным показателям, регламентирующим качество каменноугольного пека для электродного производства, относятся температура размягчения, растворимость в толуоле и хинолине, зольность, выход летучих веществ, которые включены в ГОСТ 10200-2017.

Для полученного атмосферно-вакуумной перегонкой образца каменноугольного пека были определены данные показатели качества (представлены в табл. 2).

Определение этих показателей осуществлялось в соответствии со следующими ГОСТами:

- ГОСТ 10200-2017 Пек каменноугольный электродный. Технические условия;
- ГОСТ 9950-2020 Пек каменноугольный. Методы определения температуры размягчения;
- ГОСТ 7847-2020 Пек каменноугольный. Метод определения массовой доли веществ, не растворимых в толуоле;
- ГОСТ 9951-73 Пек каменноугольный. Метод определения выхода летучих веществ;

Таблица 1

Характеристики исходной каменноугольной смолы ПАО «Кокс»

Characteristics of the initial coal tar by the Koks Kemerovo Coking Coal Plant

Наименование показателя	Значения
Внешний вид	Черная, вязкая, тяжелая жидкость
Плотность при 20 °С, г/см ³	1,198
Массовая доля воды, %	2,0
Массовая доля веществ, не растворимых в толуоле, %	11,0
Массовая доля веществ, не растворимых в хинолине, %	6,7
Зольность, %	0,1

Качественная характеристика каменноугольного пека

Qualitative characteristics of the coal tar pitch

Наименование показателя	Значение	Значение показателя по ГОСТ 10200-2017
Температура размягчения (T_p), °C	74,1	65-95
Содержание веществ, не растворимых в толуоле (α -фракция), %	26,2	не менее 24
Содержание веществ, не растворимых в хинолине (α_1 -фракция), %	7,54	7-16
Зольность (A^d), %	0,14	не более 0,3
Выход летучих веществ (V^{daf}), %	59,97	не более 63

- ГОСТ 7846- 73 Пек каменноугольный. Метод определения зольности.

Согласно данным, представленным в табл. 2, качество каменноугольного пека, полученного при атмосферно-вакуумной перегонке каменноугольной смолы, по всем основным показателям соответствует требованиям, предъявляемым к пекам для электродного производства в соответствии с ГОСТ 10200-2017. Образец полученного пека в большей степени соответствует марке Б1 электродного пека.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования образца каменноугольного пека, полученного при атмосферно-вакуумной перегонке каменноугольной смолы до достижения температуры кубового остатка, равной 420°C, показали, что данная технология позволяет получать каменноугольный пек, соответствующий марке Б1 электродного пека, который может применяться в алюминиевой промышленности.

Для получения электродного пека других марок необходимо подбирать оптимальные условия технологического режима процесса атмосферно-вакуумной перегонки каменноугольной смолы. Для этого требуется проведение дополнительных исследований влияния на качество каменноугольного пека скорости нагрева, конечной температуры процесса перегонки каменноугольной смолы и времени выдержки кубового остатка при конечной температуре.

Список литературы • References

1. Коротеева Л.И. Технология и оборудование для получения волокон и нитей специального назначения. М.: ИНФРА-М, 2019. 288 с.
2. Андрейков Е.И., Сафаров Л.Ф., Цаур А.Г. Получение нефтекаменноугольного пека совместной дистилляцией каменноугольной смолы и тяжелого газойля на смолоперерабатывающей установке АО «Губахинский кокс» // Кокс и химия. 2016. № 3. С. 59-64. Andreikov E.I., Safarov L.F., Tsaur A.G. Production of oil-coal pitch by joint distillation of coal tar and heavy gas oil at the resin processing plant of Gubakhinsky Coke JSC. *Coke and Chemistry*. 2016;(3):59-64. (In Russ.).
3. Wang D., Wang Y., Chen Y., Liu W., Wang H., Zhao P., Li Y., Zhang J., Dong Y., Hu S., Yang J. Coal tar pitch derived N-doped porous carbon nanosheets by the in-situ formed $g-C_3N_4$ as a template for supercapacitor electrodes // *Electrochimica Acta*. 2018;(283):132-140.
4. Blümer G.P. Tar and Pitch. *Industrial Carbon and Graphite Materials. Volume I: Raw Materials. Production and Applications*. 202;(11): 172-210.

5. Diez M.A., Garcia R. Coal tar: a by-product in cokemaking and an essential raw material in carbochemistry. *New trends in coal conversion*. Woodhead Publishing, 2019, pp. 439-487.
6. Zhu Y., Liu H., Xu Y., Hu C., Zhao C., Cheng J., Xingxing C., Zhao X. Preparation and characterization of coal-pitch-based needle coke (part III): the effects of quinoline insoluble in coal tar pitch. *Energy & Fuels*. 2020;34(7):8676-8684.
7. Gai H., Qiao L., Zhong C., Zhang X., Xiao M., Song H. A solvent based separation method for phenolic compounds from low-temperature coal tar. *Journal of Cleaner Production*. 2019;(223):1-11.
8. Kozlov A.P., Cherkasova T.G., Frolov S.V., Subbotin S.P., Solodov V.S. Innovative Coal-Tar Products at PAO Koks. *Coke and Chemistry*. 2020;63(7):344-350.
9. Семенова С.А., Гаврилюк О.М., Патраков Ю.Ф. Анализ компонентного состава групповых фракций каменноугольной коксохимической смолы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 5135-139. Semenova S.A., Gavrilyuk O.M., Patrakov Yu.F. Analysis of the component composition of group fractions of coal coke chemical resin. *Vestnik Kuzbasskogo Gosudarstvennogo Technicheskogo Universiteta*. 2010;(5): 135-139. (In Russ.).
10. Павлович О.Н. Состав, свойства и перспективы переработки каменноугольной смолы: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006. 41 с.

Authors Information

Cherkasova T.G. – Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Director of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Nevedrov A.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Papin A.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2024
 Поступила после рецензирования: 28.02.2024
 Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 25, 2024
 Reviewed February 28, 2024
 Accepted March 26, 2024

УДК 552.574 © Т.А. Чикишева^{1,2,3}, А.Г. Комарова^{2,3},
Е.С. Прокопьев^{1,2}, С.А. Прокопьев^{1,2}, 2024

UDC 552.574 © T.A. Chikisheva^{1,2,3}, A.G. Komarova^{2,3},
E.S. Prokopiiev^{1,2}, S.A. Prokopiiev^{1,2}

¹ ФГБУН «Институт земной коры СО РАН», 664033, г. Иркутск, Россия

¹ Institute of the Earth Crust of SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation

² ООО НПК «Спирит», 664033, г. Иркутск, Россия

LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation

³ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»,
664003, г. Иркутск, Россия

³ Irkutsk State University, Irkutsk, 664003, Russian Federation

✉ e-mail: cta@spirit-irk.ru

✉ e-mail: cta@spirit-irk.ru

Вещественный состав отходов ЦОФ «Кузбасская»*

Material composition of waste from the Kuzbasskaya central coal-processing plant

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-31-35>

В статье представлены результаты изучения вещественного состава отходов углеобогатительной фабрики «Кузбасская» методами технологической минералогии. Получены данные зольности отходов, их минеральный состав и распределение угля по классам крупности. Авторы также изучили морфоструктурные особенности минеритов и определили неорганические фазы, повышающие зольность данного сырья.

Ключевые слова: отходы угледобычи, угольные шламы, комплексная переработка минерального сырья, минералого-технологическая оценка сырья, Кузнецкий угольный бассейн.

Для цитирования: Вещественный состав отходов ЦОФ «Кузбасская» / Т.А. Чикишева, А.Г. Комарова, Е.С. Прокопьев и др. // Уголь. 2024;(4):31-35. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-31-35.

Abstract

The article deal with the results of the material composition studying of waste from the Kuzbasskaya coal processing plant using the technological mineralogy methods. Data on the ash content in the waste, its mineral composition and the distribution

ЧИКИШЕВА Т.А.

Канд. геол.-минер. наук,
младший научный сотрудник
отдела комплексного использования
минерального сырья
ФГБУН «Институт земной коры СО РАН»,
руководитель минер. группы
ООО НПК «Спирит»,
доцент кафедры полезных ископаемых,
геохимии, минералогии и петрографии
ФГБОУ ВО «Иркутский
государственный университет»,
664003, г. Иркутск, Россия,
e-mail: cta@spirit-irk.ru



Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Работы выполнены в рамках комплексного научно-технического проекта при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2022-1192 «Переработка хвостов угольных обогатительных фабрик с целью получения товарного угольного концентрата» при поддержке комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1144-р от 11 мая 2022 г.

КОМАРОВА А.Г.

Ведущий инж.-минер. ООО НПК «Спирит»,
преподаватель кафедры
полезных ископаемых, геохимии,
минералогии и петрографии
ФГБОУ ВО «Иркутский
государственный университет»,
664003, г. Иркутск, Россия,
e-mail: kag@spirit-irk.ru

ПРОКОПЬЕВ Е.С.

Научный сотрудник
отдела комплексного использования
минерального сырья
ФГБУН «Институт земной коры СО РАН»,
директор по технологиям
и инновациям ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: pes@spirit-irk.ru

ПРОКОПЬЕВ С.А.

Канд. техн. наук,
руководитель отдела
комплексного использования
минерального сырья
ФГБУН «Институт земной коры СО РАН»,
генеральный директор
ООО НПК «Спирит»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: psa@spirit-irk.ru

of coal by size class were obtained. The authors also studied the morphostructural features of minerites and identified inorganic phases that increase the ash content of this raw material.

Keywords

Coal mining waste, coal sludge, complex processing of mineral raw materials, mineralogical and technological assessment of raw materials, Kuznetsk coal basin.

For citation

Chikisheva T.A., Komarova A.G., Prokopiev E.S., Prokopiev S.A. Material composition of waste from the Kuzbasskaya central coal-processing plant. *Ugol'*. 2024;(4):31-35. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-31-35.

Acknowledgements

The research was performed as part of the Integrated Scientific and Technical Programme with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No 075-15-2022-1192 "Processing of coal mill tailings in order to obtain commercial coal concentrate" with support of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation on May 11, 2022.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Кузнецкого угольного бассейна эксплуатируются десятки шахт и углеразрезов, при этом угледобывающие компании постоянно наращивают объемы переработки угольного сырья [1]. В результате многолетней работы угледобывающих предприятий на территории Кемеровской области складываются огромные массы отходов углеобогащения, которые уже сейчас занимают тысячи гектаров земли и оказывают колоссальную нагрузку на экосистему. Отходы угледобычи являются техногенными минеральными объектами и характеризуются различными качественными и количественными параметрами, экологическим влиянием на окружающую среду и экономической эффективностью их промышленной переработки. В связи с этим они нуждаются во внедрении технологических решений для их комплексной переработки с наиболее полной утилизацией и минимальным негативным воздействием на окружающую среду [2].

Как в России, так и за рубежом в последние годы ведутся активные исследования по утилизации техногенных отходов, в том числе и отходов угледобычи [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Для этого необходима разработка безотходной комплексной технологии передела такого сырья с максимально возможным извлечением из него ценных компонентов, что также соотносится с основными положениями «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года», которая утверждена распоряжением Правительства РФ № 84-р от 25 января 2018 года [12].

Для оценки возможности вовлечения отходов в повторную переработку и разработки технологии их комплексного передела необходимо проведение детального изучения их вещественного состава методами технологической минералогии [13, 14]. В настоящей статье изложены результаты изучения вещественного состава отходов углеобогащительной фабрики ЦОФ «Кузбасская» и дана оценка возможности их повторного передела.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Определение зольности топлива выполнено методом ускоренного озоления, определение химического состава исходной пробы – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.

Минеральный состав пробы и оценка содержаний каждого минерала в пробе были определены с помощью методов оптико-минералогического

анализа по методическим рекомендациям НСОММИ [15] с применением бинокулярного стереомикроскопа Микромед МС-2-ZOOM 2CR. Рентгенографический анализ выполнялся на дифрактометре ДРОН-3.0.

Изучение микрокомпонентов угля в шлифах и аншлифах выполнялось при помощи поляризационного микроскопа Olympus BX53-F в научно-учебной лаборатории экспериментальной геологии геологического факультета ИГУ. Исследование производилось по межгосударственным стандартам^{1, 2, 3}.

Определение несгораемых фаз в углях проводилось с применением сканирующего электронного микроскопа MIRA3 LMN TESCAN в центре коллективного пользования «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН в режиме обратно-рассеянных электронов.



Рис. 1. Распределение угля по классам крупности

Fig. 1. Coal distribution by size class

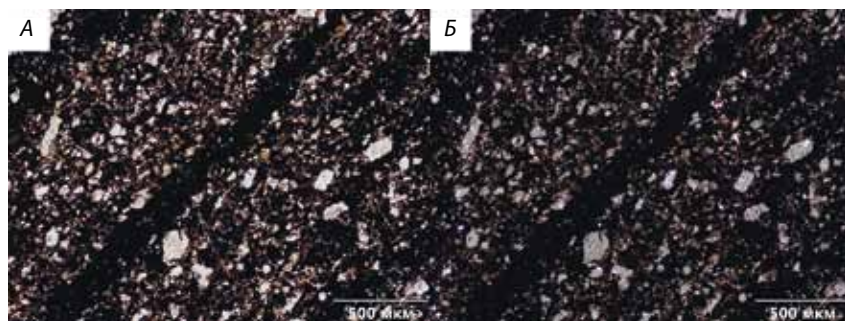


Рис. 2. Каустобиолит с полосчатой формой угольных компонентов. Прозрачный шлиф, А – анализатор выключен, Б – анализатор включен

Fig. 2. Banded forms of coal components in caustobiolite. Thin section, polarization: А – PPL, В – XPL

¹ Межгосударственный стандарт ГОСТ 9414.1-94 (ИСО 7404-1-84). Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Часть 1. Словарь терминов. М.: Изд-во стандартов, 1995. 23 с.

² Межгосударственный стандарт ГОСТ 9414.2-93 (ИСО 7404-2-85). Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Часть 2. Метод подготовки образцов угля. М.: Изд-во стандартов, 1995. 18 с.

³ Межгосударственный стандарт ГОСТ 9414.3-93 (ИСО 7404-3-84). Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Часть 3. Методы определения групп мацералов. М.: Изд-во стандартов, 1995. 12 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате изучения вещественного состава проб установлено, что в состав исходного сырья входят следующие токсичные элементы-примеси: мышьяк (менее 0,0005%), хром (0,0010%), магний (0,145%), ртуть (менее 0,0005%), сера (0,202%), селен (менее 0,0005%), бериллий (менее 0,0002%) и ванадий (0,0024%). Из ценных элементов-примесей в пробе отмечены серебро, лантан, молибден, скандий, селен, свинец и иттрий. Массовые доли перечисленных компонентов составляют тысячные доли процентов или находятся на пределе чувствительности.

Показатель зольности исходного топлива составил 22,4%, что свидетельствует о присутствии несгораемых фаз, представленных неорганическим веществом.

Оптико-минералогический анализ показал, что основная масса пробы сложена углем – 82,51%. В меньшем количестве в материале пробы присутствуют карбонаты, полевые шпаты, кварц и глинистые минералы. В десятых долях процента отмечен лимонит, а в сотых долях – магнетит. В единичных зернах визуализируются сульфиды, монацит, рутил, циркон и слюды.

Анализ распределения угля по классам крупности показал, что в материал крупностью менее 0,020 мм распределяется 46,92% угля (рис. 1), в материал крупностью от 0,5 до 0,020 мм – 35,52%, крупностью более 0,5 мм – 17,56%.

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕЙ В ПРОХОДЯЩЕМ СВЕТЕ

В ходе изучения шлифов, изготовленных из образцов пород, вмещающих уголь, было установлено, что они представлены среднезернистыми граувакковыми песчаниками и аргиллитами.

Обломочная часть песчаников в основном сложена обломками осадочных пород, в меньшем количестве – мономинеральными зернами кварца и полевых шпатов. Структура псаммитовая среднезернистая, цемент контурный, глинисто-серицитовый. Аргиллиты преимущественно состоят из каолинита и гидрослюд. Структура пелитовая, текстура сланцеватая, слабовыраженная в субпараллельной ориентировке единичных зерен слюды.

Изучаемые породы и их обломки обогащены органическим веществом и могут быть отнесены к каустобиолитам гумусового типа. При их изучении в проходящем свете наблюдаются разные соотношения угольных и минеральных компонентов.

Угольные компоненты имеют полосчатые (рис. 2), штриховатые и линзовидно-штриховатые формы [16]. Цвет мацералов угля в основном черный, реже – коричневый и темно-коричневый, что свидетельствует о высокой степени фюзенизации.

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕЙ В ОТРАЖЕННОМ СВЕТЕ

Микроскопически по визуально наблюдаемым признакам было выделено три группы мацералов – витри-

нит (телинит, коллинит), липтинит (спорнит), инертинит (фюзенит и склеротинит), а также минеральные составляющие. Мацералы имеют разную степень сохранности клеточной структуры (рис. 3). Бесструктурные мацералы образуют скопления и слагают полосы, структурные различия рассеяны в коллините. Минеральными составляющими минеритов выступают глинистые минералы, сульфиды железа, карбонаты, оксиды кремния и прочие минеральные включения. Сульфиды железа проявлены в виде выделений неправильной формы, фрамбозидов и прожилков.



Рис. 3. Микрофотографии фрагмента аншлиф-брикета. Отраженный свет, анализатор выключен, I_p – фюзинит
Fig. 3. Microphotographs of a polished briquette fragment. Reflected light, PPL, L_p – fusinite

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

При исследовании аншлифов с помощью сканирующего электронного микроскопа установлено, что в исследуемых образцах угля содержится значительное количество минеральных включений: кварца, каолинита, сидерита, апатита, пирита и рутила. Минеральная матрица минеритов представлена каолинитом.

Каолинит заполняет клеточные полости, встречается в виде линз, прослоек, тонкодисперсных частиц (рис. 4), а также выступает цементирующим веществом во вмещающей уголь породе. Кроме того, в пробе отмечаются микропереслаивания угля и минеральных агрегатов, содержащих каолинит и апатит.

Апатит часто ассоциирует с каолинитом и представлен выделениями неправильной формы. Рутит и сидерит визуализируются в виде редких включений неправильной формы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материал пробы отходов ЦОФ «Кузбасская» по своему составу относится к техногенному минеральному сырью первой группы, то есть сходному по составу и свойствам с природным [17]. Основная масса пробы сложена углем (82,51%), большая часть которого распределяется в крупность менее 20 мкм (46,92%). Изучаемые породы и их обломки обогащены органическим веществом и могут быть отнесены к каустобиолитам гумусового типа. Микроскопически в минеритах наблюдаются разные соотношения мацералов угля и минеральных компонентов. Угольные компоненты имеют полосчатые, штриховатые и линзовидно-штриховатые формы. Минеральная матрица минеритов представлена преимущественно каолинитом. Минеральные составляющие минеритов представлены глинистыми минералами, сульфидами железа, карбонатами, оксидами кремния и другими неорганическими соединениями, которые повышают зольность энергетического сырья.

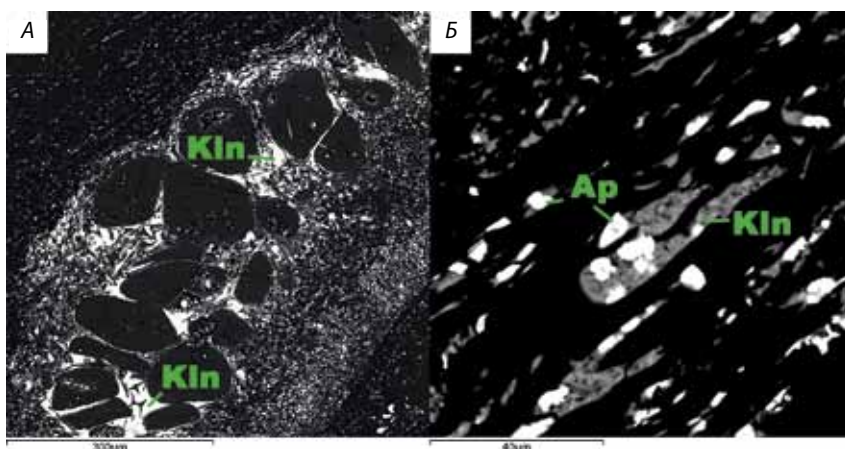


Рис. 4. Микрофотографии фрагментов аншлиф-брикета. Изображения в обратнорассеянных электронах; Kln – каолинит; Ap – апатит
Fig. 4. Microphotographs of a polished briquette fragment. Image in backscattered electrons; Kln – kaolinite; Ap – apatite

Отходы ЦОФ «Кузбасская» могут быть вовлечены в комплексную повторную переработку как энергетическое сырье для получения угольного концентрата. Оставшийся после извлечения угля материал рекомендуется рассмотреть в качестве сырья для строительных отраслей промышленности.

Список литературы • References

1. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году: государственный доклад. URL: Уголь(data-geo.ru) (дата обращения: 15.03.2024).
2. Минералого-технологическая оценка отходов углеобогачительной фабрики «Краснобродская-Коксовая» / Т.А. Чикишева, А.Г. Комарова, С.А. Прокопьев и др. Технологическая минералогия в оценке качества минерального сырья природного и техногенного происхождения: сборник статей по материалам докладов XV Российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2023. С. 43-46. DOI: 10.17076/TM15_57.
3. Ожогина Е.Г., Шадрунова И.В., Чекушина Т.В. Роль минералогических исследований в решении экологических проблем горнопромышленных районов // Горный журнал. 2017. № 11. С. 105-110. DOI: 10.17580/gzh. 2017.11.20.

- Ozhogina E.G., Shadrunkova I.V., Chekushina T.V. The role of mineralogical research in solving environmental problems of mining areas. *Gornyj zhurnal*. 2017;(11):105-110. DOI: 10.17580/gzh. 2017.11.20. (In Russ.).
4. Сосновский С.А., Сачков В.И. Комплексная переработка техногенного углеродсодержащего сырья. Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения – 2021, СГКГМИ (ГТУ). Владикавказ, 2021. С. 498-501.
 5. Перспективы получения товарного продукта из отходов флотации угольных фабрик / Н.Ю. Турецкая, Т.А. Чикишева, Е.С. Прокопьев и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 95-99. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-95-99.
Turetskaya N.Yu., Chikisheva T.A., Prokopiev E.S., Emelyanova K.K. The possibility of obtaining a commercial product from coal factories flotation waste. *Ugol'*. 2023;(9):95-99. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-95-99.
 6. Ali Ucar, Oktay Sahbaz, Nezahat Ediz, Ismail Goktay Ediz. An investigation into the enrichment of coal wastes of Western Lignite Company (WLC) by physical and physico-chemical methods. *Madencilik-Mining*. 2023;62(1):7-15. <https://doi.org/10.30797/madencilik.1111260>.
 7. Debjani N., Bidyut D., Rashmi S., Santosh S., Ajinkya M., Pratik Swarup D. Effect of grinding behavior on liberation of coal macerals. *ISIJ International*. 2022;62(1):99-103. <https://doi.org/10.2355/isij-international.ISIJINT-2021-209>.
 8. Jay N. Meegoda, Li-ming HU, Nabil M.A., AL-Joulani. Solid waste and ecological issues of coal to energy. *Journal of Hazardous, Toxic and Radioactive Waste*. 2021;(April):99-107. DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.1944-8376.0000071.
 9. Menshikova E., Blinov S., Belkin P., Ilaltdinov I., Volkova M. Dumps of the Kizel coal basin as a potential source of rare and rare-earth elements. *Science and Global Challenges of the 21st Century*, 2022, LNNS 342, pp. 352-361. <https://www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1007%2F978-3-030-89477-1-35>.
 10. Nguyen Cong Thang, Nguyen Van Tuan. The potential use of waste rock from coal mining for the application as recycled aggregate in concrete. *Proceedings of the International Conference on Innovations for Sustainable and Responsible Mining*. 2021;(1):550-561. DOI: 10.1007/978-3-030-60839-2_29.
 11. Yoginder P. Chugh, Paul T. Behum Coal waste management practices in the USA: an overview. *International Journal of Coal Science and Technology*. 2014;1(2):163-176. DOI:10.1007/s40789-014-0023-4.
 12. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. URL: y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf (government.ru) (дата обращения: 15.03.2024).
 13. Гамов М.И., Наставкин А.В., Вялов В.И. Результаты применения растровой электронной микроскопии для изучения минеральных компонентов углей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 1. С. 10-23.
Gamov M.I., Nastavkin A.V., Vylov V.I. Results of the use of scanning electron microscopy for the study of mineral components of coals. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2016;(1):10-23. (In Russ.).
 14. Технологическая минералогия как основа комплексного освоения полезных ископаемых. Бокситы Верхне-Шугорского месторождения / О.Б. Котова, Е.Г. Ожогина, Сан Шиенг и др. // Горный журнал. 2021. № 11. С. 21-27.
Kotova O.B., Ozhogina E.G., Shieng SAN, Razmyslov I.N. Technological mineralogy as the basis for the integrated development of mineral resources. Bauxites of the Verkhne-Shchugorsk deposit. *Gornyj zhurnal*. 2021;(11):21-27. (In Russ.).
 15. Оптико-минералогический анализ шлиховых и дробленых проб: Методические рекомендации № 162. Научный совет по методам минералогических исследований (НСОММИ). М.: ВИМС, 2012. 23 с.
 16. Столбова Н.Ф., Исаева Е.П. Петрология углей: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 77 с.
 17. Ожогина Е.Г., Котова О.Б., Якушина О.А. Горнопромышленные отходы: минералогические особенности // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 6. С. 43-49. DOI: 10.19110/2221-1381-2018-6-43-49.
Ozhogina E.G., Kotova O.B., Yakushina O.A. Mining waste: mineralogical features. *Vestnik Instituta geologii Komi NC UrO RAN*. 2018;(6): 43-49. (In Russ.). DOI: 10.19110/2221-1381-2018-6-43-49.

Authors Information

Chikisheva T.A. – PhD (Geology and Mineralogy), Research Associate of Institute of the Earth Crust of SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation, Head of mineralogical department of LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation, Associate Professor of Department of Minerals, Geochemistry, Mineralogy and Petrography of Irkutsk State University, Irkutsk, 664003, Russian Federation, e-mail: cta@spirit-irk.ru

Komarova A.G. – Leading mineralogist engineer of LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation, Lecturer of Department of Minerals, Geochemistry, Mineralogy and Petrography of Irkutsk State University, Irkutsk, 664003, Russian Federation, e-mail: kag@spirit-irk.ru

Prokopiev E.S. – Research Associate of Department of Comprehensive Use of Mineral Resources Institute of the Earth Crust of SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation, Director for technology and innovation of LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation, e-mail: pes@spirit-irk.ru

Prokopiev S.A. – PhD (Engineering), Chief of Department of Comprehensive Use of Mineral Resources of Institute of the Earth Crust of SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation, General Director of LLC SPC "Spirit", Irkutsk, 664033, Russian Federation, e-mail: psa@spirit-irk.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 22, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 536.421.5: 543.632.4: 62-665.4: 661.333 © Т.Г. Черкасова✉,
Д.А. Баранцев, А.И. Иванов, 2024

Институт химических и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

UDC 536.421.5: 543.632.4: 62-665.4: 661.333 © T.G. Cherkasova✉,
D.A. Barantsev, A.I. Ivanov, 2024

Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies,
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU),
Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Оценка возможности вскрытия отходов углеобогащения спеканием с карбонатом натрия*

Assessment of the possibility to open up coal waste by sintering with sodium carbonate

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-36-39>

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор химических наук, профессор,
директор Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

БАРАНЦЕВ Д.А.

Ассистент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kemche@yandex.ru

ИВАНОВ А.И.

Бакалавр Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия

Отходы углепереработки и углеобогащения имеют большой потенциал, поскольку содержат в себе ценные компоненты, такие как редкие и редкоземельные элементы. Невысокое содержание и сложный состав отходов требуют применения комплексной переработки, которая за счет извлечения нескольких ценных продуктов позволит сделать переработку экономически рентабельной.

Первоначальный этап обогащения требует проведения вскрытия отходов, при этом упорные минералы переходят в растворимую форму, что при последующем выщелачивании позволяет в полном объеме перевести в раствор ценные компоненты. Одним из способов вскрытия химически стойкого сырья является спекание с карбонатом натрия, что легло в основу данного исследования. В статье приведены результаты распределения матричных и некоторых редких элементов при выщелачивании серной кислотой различной концентрации сырья, полученного при спекании отходов углеобогащения и карбоната натрия. Установлено, что в ходе выщелачивания большая часть оксида кремния выпадает в осадок (до 47% масс. в пересчете на Si). При выщелачивании 10% масс. серной кислотой во всех образцах в осадок выпадают соединения титана, что предполагает перспективу его последующего извлечения из остатка.

Ключевые слова: угледобывающая отрасль, отходы углеобогащения, спекание, карбонат натрия, сернокислотное выщелачивание, редкие металлы, титан.

Для цитирования: Черкасова Т.Г., Баранцев Д.А., Иванов А.И. Оценка возможности вскрытия отходов углеобогащения спеканием с карбонатом натрия // Уголь. 2024;(4):36-39. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-36-39.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1194).

Abstract

Waste from coal processing and coal preparation has great potential because it contains valuable elements such as rare and rare earth elements. The low content and complex composition of waste requires the use of complex processing, which, by extracting several valuable products, will make processing economically viable.

The initial stage of enrichment requires the opening of the waste, during which stubborn minerals pass into a soluble form, which, with subsequent leaching, allows the valuable components to be completely transferred into solution. One of the ways to open chemically resistant raw materials is sintering with sodium carbonate, which formed the basis of this study.

The article presents the results of the distribution of matrix and some rare elements during leaching with sulfuric acid (various concentrations) of raw materials obtained by sintering coal preparation waste and sodium carbonate. It has been established that during leaching, most of the silicon oxide precipitates (up to 47% wt. in terms of Si). When leaching 10% wt. with sulfuric acid, titanium compounds precipitate in all samples, which gives the prospect of its subsequent extraction from the residue.

Keywords

Coal mining industry, Coal processing waste, Sintering, Sodium carbonate, Sulphuric acid leaching, Rare metals, Titanium.

For citation

Cherkasova T.G., Barantsev D.A., Ivanov A.I. Assessment of the possibility to open up coal waste by sintering with sodium carbonate. *Ugol*. 2024;(4):36-39. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-36-39.

Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1194).

**ВВЕДЕНИЕ**

За последнее десятилетие проблемы накопления на территории России отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий привели к приросту объемов с 3,8 до 7,9 млрд т в год [1]. Открытое хранение отвалов приводит к тому, что за счет атмосферных осадков происходят вымывание вредных веществ из отходов и последующее загрязнение ими почвы, грунтовых и поверхностных вод [2, 3]. Учитывая большие объемы данных отходов, их вовлечение в промышленную переработку в качестве сырья позволит увеличить запасы минерально-сырьевой базы России.

Химический состав отходов угольной промышленности очень разнообразен и представлен целым рядом ценных элементов с концентрациями, при которых их промышленная переработка экономически целесообразна [4, 5]. Основная трудность переработки заключается в необходимости разрушения прочной алюмосиликатной матрицы, в которой сосредоточены ценные элементы [6, 7]. Известно, что кислотные методы вскрытия не позволяют производить полное вскрытие минерального сырья, содержащего кварц и алюмосиликаты [8], которые составляют основную долю минералов в отходах углеобогащения и переработки [4].

Для переработки химически стойкого сырья применяют спекание с дополнительными сырьевыми добавками, обеспечивающими перевод кварца и шпатов в кислоторастворимое состояние [9, 10]. В качестве такой добавки используют карбонат натрия, применимый при переработке титаномагнетитового концентрата [11], молибденитового концентрата [12], угольных и мазутных зол ТЭЦ [13, 14].

В данной статье приведены результаты исследования распределения элементов при серноокислотном выщелачивании сырья, полученного спеканием отходов углеобогащения и карбоната натрия при разном соотношении исходных компонентов.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

В качестве отходов использовали породу углеобогащения ЦОФ «Березовская», Кемеровская область – Кузбасс. Порода образуется на различных стадиях обогащения и представлена двумя видами, отличающимися по размеру: порода 0,5-13 мм и порода +13 мм. Оба отхода имеют незначительное изменение химического состава, что было представлено ранее в работе [4]. Перед предварительной подготовкой оба образца породы были высушены при температуре 105°C и объединены в соотношении 1:1, после измельчены на щековой дробилке с последующим истиранием на пальчиковом истирателе до 80 мкр. Истертый образец породы массой 20 г смешивался с карбонатом натрия (марка х.ч.) в различных соотношениях от 0,6 до 2 (с шагом 0,2) и спекался в керамическом тигле при температуре 1000°C в течение 1 ч. В результате спекания образцы с соотношениями 1:0,6 и 1:0,8 (порода: карбонат натрия) в дальнейшем не исследовались, так как превратились в стекло темно-зеленого цвета. Остальные образцы имеют мелкозернистую текстуру поверхности и отличаются по цвету в палитре от серо-зеленого до песочного цвета.

Полученные после спекания образцы подвергли серноокислотному выщелачиванию, для этого отбирались три образца массой по 5 г, к которым по отдельности прибавля-

ли при постоянном перемешивании по 50 мл серной кислоты с концентрациями 10, 20, 30% масс. В пересчете на 100% масс. серную кислоту в 50 мл содержится: 5,4 г; 11,4 г и 18,4 г (для растворов 10%, 20% и 30% серной кислоты соответственно). После этого полученную пульпу, перемешивая, выдерживали при 90°C в течение 1 ч, охлаждали до комнатной температуры и отфильтровывали осадок на вакуумной установке через фильтр синяя лента. Осадок на фильтре промывали три раза дистиллированной водой порциями по 20 мл. Полученный маточный раствор упаривали до постоянной массы. Содержание элементов в полученных образцах определяли на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM» (производство ООО НПО «СПЕКТРОН», г. Санкт-Петербург), результаты представлены в табл. 1 и 2.

При выщелачивании растворов 30% масс. серной кислотой, после охлаждения, раствор превращается в гель, из-за чего фильтрование протекает очень долго. С 20%-ной кислотой получается более жидкий раствор, но есть признаки небольших частиц геля. Хорошее разделение осадка от маточного раствора с 10%-ной кислотой.

По цвету осадки, полученные с 10%-ной кислотой, имеют оранжевые вкрапления, тогда как осадки, полученные с другими концентрациями кислоты, имеют чисто белый цвет. Средняя масса полученных осадков варьируется в диапазоне от 2,3 до 2,7 г, массы остатков после выпаривания маточных растворов – от 6,5 до 7,7 г.

Таблица 1

Содержание элементов в образцах

Content of elements in samples

Элементы	Для соотношения 1:1					
	Маточный раствор			Осадок		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%
Al	4,635	2,639	1,848	0,672	1,079	0,396
Si	3,029	–	–	46,958	40,594	41,838
Ca	0,127	0,237	0,169	0,549	0,291	0,045
Ti	0,037	0,129	0,088	0,863	0,135	0,102
V	0,0002	0,002	0,001	0,019	0,003	0,002
Fe	2,071	1,949	1,185	0,587	0,68	0,549
Sr	0,007	0,008	0,007	0,024	0,029	0,016
Ba	–	–	–	0,098	0,066	0,0743
Для соотношения 1:1,2						
Al	2,975	1,901	1,936	3,477	–	–
Si	2,667	2,494	0,289	38,299	45,767	39,269
Ca	0,332	0,170	0,177	0,078	0,183	0,115
Ti	0,028	0,104	0,074	0,763	0,237	0,311
V	0,0002	0,0018	0,001	0,019	0,005	0,007
Fe	0,894	0,789	0,869	1,047	0,139	0,181
Sr	0,021	0,014	0,014	0,023	0,0304	0,015
Ba	–	–	–	0,069	0,114	0,052
Для соотношения 1:1,4						
Al	1,986	1,948	1,864	3,661	–	–
Si	0,737	0,161	–	41,605	41,241	38,191
Ca	0,298	0,165	0,126	0,006	0,034	0,287
Ti	0,009	0,105	0,074	0,683	0,087	0,125
V	0,0002	0,002	0,001	0,016	0,002	0,003
Fe	0,758	0,738	0,674	1,107	0,205	0,199
Sr	0,015	0,010	0,008	0,009	0,012	0,018
Ba	–	–	–	0,048	0,035	0,035

Таблица 2

Содержание элементов в образцах

Content of elements in samples

Элементы	Для соотношения 1:1,6					
	Маточный раствор			Осадок		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%
Al	1,349	1,822	1,626	2,831	0,303	–
Si	0,548	0,049	–	44,243	35,113	42,076
Ca	0,269	0,159	0,098	0,052	0,061	–
Ti	0,014	0,083	0,065	0,725	0,107	0,211
V	–	0,0014	0,001	0,018	0,002	0,005
Fe	0,831	1,49	0,603	0,786	0,353	0,159
Sr	0,009	0,004	0,011	0,011	0,025	0,029
Ba	–	–	–	0,070	0,059	0,087
Для соотношения 1:1,8						
Mg	0,068	–	–	–	–	–
Al	3,144	1,747	2,193	0,716	–	0,054
Si	3,539	1,48	0,105	39,166	47,319	39,609
Ca	0,310	0,175	0,198	0,143	–	0,048
Ti	0,040	0,081	0,094	0,594	0,078	0,087
V	0,0002	0,001	0,002	0,015	0,001	0,002
Fe	0,873	0,667	1,59	0,461	0,167	0,221
Sr	0,031	0,01	0,005	0,036	0,019	0,014
Ba	–	–	–	0,061	0,106	0,107
Для соотношения 1:2						
Mg	0,089	–	–	–	–	–
Al	3,131	1,461	1,55	0,672	–	–
Si	2,254	0,804	0,984	37,04	48,015	45,728
Ca	0,274	0,149	0,170	0,085	–	0,049
Ti	0,043	0,064	0,054	0,557	0,409	0,399
V	0,0003	0,0006	0,0007	0,014	0,01	0,009
Fe	0,876	0,665	0,599	0,348	0,176	0,216
Sr	0,024	0,006	0,033	0,028	0,011	0,037
Ba	–	–	–	0,074	0,112	0,075

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- оптимальное соотношение породы и карбоната натрия – 1:1, поскольку увеличение соотношения не приводит к заметному изменению распределения элементов;
- осадки содержат массовые доли кремния до 47%, минимальное содержание алюминия достигает 0,4%, максимальное содержание титана – 0,8%, ванадия – до 0,02%, щелочноземельных металлов: Sr – до 0,03%, Ba – до 0,1%;
- учитывая массы полученных образцов, железо преимущественно концентрируется в растворе.

Список литературы • References

1. Экогеотехнология добычи бедных руд с созданием условий для попутной утилизации отходов горного производства / И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин, А.А. Рожков и др. // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 289-296. DOI: 10.31897/PMI.2023.21. Sokolov I.V., Antipin Yu.G., Rozhkov A.A., Solomein Yu.M. Ecogeotechnology of low-grade ore mining with the creation of conditions for associated recycling of mining waste. *Zapiski Gornogo instituta*. 2023;(260):289-296. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2023.21.
2. Чукаева М.А., Матвеева В.А., Сверчков И.П. Комплексная переработка высокоуглеродистых золошлаковых отходов // Записки Горного института. 2022. Т. 253. С. 97-104. DOI: 10.31897/PMI.2022.5.

- Chukaeva M.A., Matveeva V.A., Sverchkov I.P. Complex processing of high-carbon ash and slag waste. *Zapiski Gornogo instituta*. 2022;(253):97-104. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2022.5.
3. Тарасов П.И., Хазин М.Л., Апакашев Р.А. Использование отходов горнодобывающей промышленности Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 1. С. 21-31. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-21-31.
Tarasov P.I., Khazin M.L., Apakashev R.A. Use of waste from the mining industry of the Urals. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2021;(1):21-31. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-21-31.
 4. Определение состава отходов углеперерабатывающего предприятия ПАО ЦОФ «Березовская» / Т.Г. Черкасова, М.О. Пилин, А.В. Тихомирова и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 90-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-90-95.
Cherkasova T.G., Pilin M.O., Tikhomirova A.V., Barantsev D.A. Determination of composition of coal processing wastes of the Berzovskaya Central Concentrating Mill. *Ugol'*. 2023;(9):90-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-90-95.
 5. Das S., Gaustad G., Sekar A., Williams E. Techno-economic analysis of supercritical extraction of rare earth elements from coal ash. *Journal of Cleaner Production*. 2018;(189):539-551.
 6. Okeme I.O., Crane R.A., Nash M.N., Ojonimi T.I., Scott T.B. Characterisation of rare earth elements and toxic heavy metals in coal and coal fly ash. *RSC Adv*. 2022;(12):19284-19296. DOI: 10.1039/D2RA02788G.
 7. Вергунов А.В., Арбузов С.И., Соболенко В.М. Минералогия и геохимия тонштейнов в углях Бейского месторождения Минусинского бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 2. С. 155-166. DOI: 10.18799/24131830/2019/2/116.
Vergunov A.V., Arbuzov S.I., Sabalenko V.M. Mineralogy and geochemistry of tonsteins in coals of the Beyskoye deposit of the Minusinsk basin. *Izvestiya Tomskogo polytehnicheskogo universiteta. Enzhiniring Georesoursov*. 2019; 330(2):155-166. (In Russ.). DOI: 10.18799/24131830/2019/2/116.
 8. Морозков А.В., Норов А.М. Перспективные способы переработки кольского нефелинового концентрата в современных условиях // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. 2020. Вып. 4. С. 111-117.
Morozkov A.V., Norov A.M. Promising methods for processing Kola nepheline concentrate in modern conditions. *Trudy Kolskogo nauchnogo tsentra RAN. Khimiya i materialovedenie*. 2020;(4):111-117. (In Russ.).
 9. Способ термохимического активирования высококалийного алюмосиликатного минерального сырья (сыннырита) с использованием магнезита / П.А. Гуляшинов, Е.Н. Алексеева, А.Д. Будаева и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 12. С. 180-190. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-180-190.
Gulyashinov P.A., Alekseeva E.N., Budaeva A.D., Antropova I.G. Method of thermochemical activation of high-potassium aluminosilicate mineral raw materials (synnyrite) using magnesite. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2019;(12):180-190. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-180-190.
 10. Извлечение глинозема из алюмогетита и боксита в присутствии кальцийсодержащей добавки / А.Н. Федяев, А.Г. Сусс, Е.А. Власов и др. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. 2010. № 9(35). С. 25-29.
Fedyayev A.N., Suss A.G., Vlasov E.A. et al. Extraction of alumina from aluminogothite and bauxite in the presence of a calcium-containing additive. *Izvestiya St.-Petersburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta*. 20109;(35):25-29. (In Russ.).
 11. Исследование процесса спекания низкотитанового шлака с содой / М.А. Найманбаев, Н.Г. Лохова, А.Е. Абишева и др. // Изв. вузов. Цвет. металлургия. 2017. № 4. С. 12-20. DOI: 10.17073/0021-3438-2017-4-12-20.
Naimanbaev M.A., Lokhova N.G., Abisheva A.E. et al. Study of the sintering process of low-titanium slag with soda. *Izvestiya vuzov. Tsvetnaya metallurgiya*. 2017;(4):12-20. (In Russ.). DOI: 10.17073/0021-3438-2017-4-12-20.
 12. Имидеев В.А., Бербенева А.О., Александров П.В. Комбинированный способ переработки молибденитовых концентратов на основе обжига с карбонатом натрия // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. 2021. Вып. 5. Т. 11. № 2. С. 111-113. DOI: 10.37614/2307-5252.2021.2.5.022.
Imideev V.A., Berbeneva A.O., Aleksandrov P.V. A combined method for processing molybdenite concentrates based on roasting with sodium carbonate. *Trudy Kolskogo nauchnogo tsentra RAN. Khimiya i materialovedenie*. 2021;5(11-2):111-113. (In Russ.). DOI: 10.37614/2307-5252.2021.2.5.022.
 13. Извлечение ценных компонентов из золошлаковых отходов тепловых электрических станций / Э.Р. Зверева, В.П. Плотникова, Ф.И. Бурганова и др. // Вестник КГЭУ. 2020. № 2(46). С. 3-12.
Zvereva E.R., Plotnikova V.P., Burganova F.I. et al. Extraction of valuable components from ash and slag waste of thermal power plants. *Vestnik KSEU*. 2020;2(46):3-12. (In Russ.).
 14. Лавриненко А.А., Кунилова И.В., Гольберг Г.Ю. Влияние низкотемпературного обжига золы от сжигания углей с щелочными реагентами на эффективность извлечения ценных компонентов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 10. С. 104-121. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-10-0-104.
Lavrinenko A.A., Kunilova I.V., Golberg G.Yu. The influence of low-temperature roasting of ash from burning coal with alkaline reagents on the efficiency of extracting valuable components. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2023;(10):104-121. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-10-0-104.

Authors Information

Cherkasova T.G. – Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Director of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Barantsev D.A. – Assistant of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: kemche@yandex.ru

Ivanov A.I. – Bachelor of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 25, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 543.632[4+22]:62[665.4+666]:66-935.5 © А.В. Таскин¹,
Д.Р. Федотов¹, А.Л. Шкуратов¹, С.И. Иванников¹,
Т.Г. Черкасова², Д.А. Баранцев², 2024

UDC 543.632[4+22]:62[665.4+666]:66-935.5 © A.V. Taskin¹,
D.R. Fedotov¹, A.L. Shkuratov¹, S.I. Ivannikov¹,
T.G. Cherkasova², D.A. Barantsev², 2024

¹ Дальневосточный федеральный университет,
690922, г. Владивосток, Россия
² Институт химических и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: taskin@yandex.ru

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922, Russian Federation
² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU),
Kemerovo, 650000, Russian Federation,
✉ e-mail: taskin@yandex.ru

Извлечение угольного концентрата из отходов углеобогащения как подготовка к выделению редких и редкоземельных элементов*

Extraction of coal concentrate from coal processing waste as a preparation step for separation of rare and rare earth elements

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-40-44>

ТАСКИН А.В.

Канд. хим. наук, заведующий лабораторией технологий использования вторичных ресурсов Дальневосточного федерального университета, 690922, г. Владивосток, Россия,
e-mail: taskin@yandex.ru

ФЕДОТОВ Д.Р.

Ассистент Политехнического института Дальневосточного федерального университета, 690922, г. Владивосток, Россия

Ежегодный рост объемов отвалов и терриконов угольной промышленности приводит к формированию ряда проблем негативного антропогенного влияния на окружающую среду, жизнь и здоровье человека. Поиск путей решения данной проблемы привлекает внимание многих исследователей, рассматривающих данные отходы в качестве техногенного минерального сырья, содержащего макрокомпоненты (соединения кремния, алюминия, железа, кальция и т.д.) и микрокомпоненты (рассеянные, благородные металлы, редкие и редкоземельные элементы). На сегодняшнее время наиболее исследовано направление применения отходов угольной промышленности в качестве сырья для строительных материалов, тогда как технологии комплексной переработки с целью извлечения редких и редкоземельных металлов проходят стадию поиска наиболее оптимальных и экономически выгодных вариантов. В каждом из описанных направлений важным требованием, предъявляемым к сырью, является содержание углеродной составляющей, так как наличие углерода заметно снижает прочность строительных материалов и увеличивает объем реактивов в химических методах комплексной переработки. В данной работе приведены дан-



Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Исследование выполнено за счет гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1194).

ные, полученные в результате экспериментов по получению угольного концентрата из отходов углеобогащения ЦОФ «Березовская» Кемеровской области – Кузбасса. Показана возможность дообогащения отходов по углю с получением продукта, пригодного для сжигания в энергетических установках. Оставшаяся минеральная часть пригодна для последующего извлечения редких и редкоземельных элементов.

Ключевые слова: угледобывающая отрасль, отходы углеобогащения, угольный концентрат, гравитационное обогащение, электростатическая сепарация, гидроциклон, топливный брикет.

Для цитирования: Извлечение угольного концентрата из отходов углеобогащения как подготовка к выделению редких и редкоземельных элементов / А.В. Таскин, Д.Р. Федотов, А.Л. Шкуратов и др. // Уголь. 2024;(4):40-44. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-40-44.

Abstract

The annual growth in the volumes of dumps and landfills of the coal industry leads to the formation of a number of problems of negative anthropogenic impact on the environment and human life and health. The search for a solution to this problem attracts the attention of many researchers who consider these wastes as man-made mineral raw materials containing macro-components (compounds of silicon, aluminum, iron, calcium, etc.) and micro-components (dispersed, noble metals, rare and rare-earth elements). At present, the most researched direction is the use of coal industry waste as raw materials for building materials, while technologies for complex processing in order to extract rare and rare earth metals are undergoing the stage of searching for the most optimal and economically profitable options. In each of the described directions, an important requirement for raw materials is the content of the carbon component, since the presence of carbon significantly reduces the strength of building materials and increases the volume of reagents in chemical methods of complex processing. This paper presents data obtained as a result of experiments on the extraction of coal concentrate from coal enrichment waste from the central processing plant "Berezovskaya" of the Kemerovo region – Kuzbass. The possibility of further enrichment of waste by coal to produce a product suitable for combustion in power plants is shown. The remaining mineral part is suitable for the subsequent extraction of rare and rare earth elements.

Keywords

Coal mining industry, Coal processing waste, Coal concentrate, Gravity concentration, Electrostatic separation, Hydrocyclone, Fuel brick.

For citation

Taskin A.V., Fedotov D.R., Shkuratov A.L., Ivannikov S.I., Cherkasova T.G., Barantsev D.A. Extraction of coal concentrate from coal processing waste as a preparation step for separation of rare and rare earth elements. *Ugol'*. 2024;(4):40-44. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-40-44.

Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1194).

ВВЕДЕНИЕ

Одной из значимых отраслей в экономике России является угольная, обеспечивающая твердым топливом предприятия энергетики, металлургии, коммунального хозяйства, являющаяся источником сырья для углехимии и ряда других отраслей.

Вместе с тем добыча угля и его обогащение сопровождаются естественным образованием отходов с ежегодным приростом в

ШКУРАТОВ А.Л.

Канд. хим. наук, доцент, старший научный сотрудник Эколого-аналитического центра Дальневосточного федерального университета, 690922, г. Владивосток, Россия, e-mail: shkuratov.al@dvvu.ru

ИВАННИКОВ С.И.

Канд. хим. наук, научный сотрудник Института наукоемких технологий и передовых материалов Дальневосточного федерального университета, 690922, г. Владивосток, Россия

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор хим. наук, профессор, директор Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

БАРАНЦЕВ Д.А.

Ассистент Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: kemche@yandex.ru

120 млн т [1]. Например, в Кемеровской области работают более 200 предприятий угольной отрасли, в результате производственной деятельности которых образуется свыше 2 млн т отходов угледобычи и углеобогащения. В связи с ростом содержания тонких классов в добываемых углях концентрация неизвлеченного угля в отходах углеобогащения повышается настолько, что позволяет отнести гидроотвалы углеобогащительных фабрик к техногенным месторождениям углесодержащего сырья [2, 3]. Вовлечение их в переработку направлено на решение проблемы ресурсосбережения, охраны недр, рационального землепользования и защиты окружающей среды [4, 5, 6, 7]. Одновременно отмечается рост потребности в углях и угольных концентратах с зольностью до 20% [3]. Помимо этого, данные отходы можно рассматривать как комплексные руды из-за наличия в них рассеянных, редких и редкоземельных элементов в промышленно значимых концентрациях [8, 9, 10, 11, 12].

В связи с этим в угледобывающей отрасли возрастает актуальность задачи по обогащению и комплексной переработке отходов и их вовлечению в хозяйственную деятельность.

Задача данного исследования – разработка и апробирование в лабораторных условиях технологических решений по снижению остатков угля в отходах углеобогащения и получению из отходов углеобогащения угольного концентрата с зольностью не выше 40%.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

В качестве объектов исследования выбраны следующие отходы углеобогащения ЦОФ «Березовская», Кемеровская область – Кузбасс: БФ-1 (отходы ФПО 0-0,5 мм); БФ-2 (промпродукт + 0,5-13 мм); БФ-3 (промпродукт +13); БФ-4 (порода +13); БФ-5 (порода +0,5-13).

Определение содержания матричных компонентов в пробах выполнено методом атомно-эмиссионной спек-

троскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре iCAP 7600 Duo (Thermo Scientific, USA), определение содержания SiO₂, H₂O, потери при прокаливании (ППП) выполнено методом гравиметрии. Результаты представлены в *табл. 1*.

Для работы по извлечению угля была выбрана проба БФ-3 с большим показателем ППП.

Обогащение пробы БФ-3 по углю методом сухой электростатической сепарации (ЭСС) проводилось следующим образом: навеска исходной пробы БФ-3 массой 100 г была измельчена в мокром виде на диспергаторе роторно-пульсационного типа марки РПА-5Р-55А-7,5-ПЧ-УЗ до размеров частиц от 50 до 150 мкм.

Тестирование метода сухой электростатической сепарации выполнено на трибоэлектростатическом сепараторе ЭРГА ЭСС 320x300/Т667. Из усредненной пробы БФ-3 была отобрана навеска массой 2 кг, навеска измельчена и классифицирована на аналитической просеивающей машине AS 200 basic для определения возможного изменения зольности по классам крупности. Отдельные классы: – 4 + 2 мм, – 2 + 0,5 мм и менее 0,5 мм для определения зольности прокаливались в муфельной печи ЭКСПС-300 в течение двух часов при температуре 825°C до достижения постоянной массы. Результаты представлены в *табл. 2*.

Для обеспечения оптимальных условий работы электростатического сепаратора на аналитической просеивающей машине AS 200 basic из измельченной пробы БФ-3 отобрана навеска классом крупности – 2 + 0,5 мм и массой 9,825 кг. Навеска подвергнута первой ЭС-сепарации (обогащению). Полученный после первой ступени обогащения концентрат был подвергнут повторной ЭС-сепарации. Зольность полученных образцов составила: БФ-3 (исходная) – 57% масс.; БФ-3 (концентрат первой ступени ЭС) – 53,6% масс.; БФ-3 (концентрат второй ступени ЭС) – 54% масс.

Таблица 1

Содержание матричных компонентов в пробах
Content of matrix components in the samples

Наименование пробы	Содержание основных оксидов, %											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	ППП
БФ-1	43,19	0,52	14,13	4,78	0,04	1,11	2,02	0,93	2,31	0,08	1,24	28,24
БФ-2	44,16	0,51	12,36	9,60	0,10	1,15	2,51	0,59	1,85	0,11	1,30	23,68
БФ-3	27,52	0,37	10,08	5,46	0,05	1,99	5,20	0,56	1,95	0,15	1,11	42,36
БФ-4	43,91	0,61	13,76	9,38	0,08	1,79	1,93	0,71	2,21	0,08	1,18	19,89
БФ-5	40,40	0,56	14,16	7,74	0,10	1,22	1,28	0,81	2,36	0,06	1,25	28,85

Таблица 2

Изменение зольности пробы БФ-3 по классам крупности
Variation of the ash content in the BF-3 sample by the particle-size classes

Класс крупности навески, мм	Масса навески, г	Масса после прокаливания, г	Зольность, %
– 4 + 2	76,36	48,44	63,4
	80	46,68	58,4
– 2 + 0,5	80	46,9	58,6
	80,03	35,51	44,4
– 0,5	80,07	35,56	44,4
	80,07	36,1	45,1

Обогащение промпродукта БФ-2 по углю производили на гидроциклоне. Образец был разделен на фракции различной крупности. Фракцию с размером частиц от 1 до 2 мм и зольностью 52,6% масс. использовали для обогащения на гидроциклоне ГЦП-50-10. Основные параметры лабораторной установки гидроциклона представлены в *табл. 3*. Подача пульпы в гидроциклон осуществляется перистальтическим насосом НП-32-180 с номинальной производительностью 0,98 м³/ч и возможностью ее регулировки через частотный преобразователь в диапазоне от 0,9 до 1,47 м³/ч.

Для выделения угольного концентрата взято 735 г фракции (1-2 мм), которую внесли в питательную емкость с 10 л воды при постоянном перемешивании. Полученную пульпу пропустили через гидроциклон на максимальных оборотах насоса? при этом пиковое давление в системе достигало 0,01 МПа. В результате одной процедуры разделения получено 177 г (выход – 24%) угольного концентрата с зольностью 33,4% масс.

Обогащение пробы БФ-3 по углю гравитационным обогащением с предварительной масляной агломерацией проводилось на концентрационном столе СКО-1 пробы БФ-3, измельченной до класса – 0,5 + 0 и агломерированной отработанным моторным маслом. Измельченная проба в количестве 20 кг была загружена в цилиндрическую емкость и разбавлена водой до состояния густой суспензии Т:Ж = 1:5. В полученную смесь добавлен 1 кг (5% от веса сухой пробы БФ-3) моторного масла. Смесь активно перемешивалась двухвальным смесителем в течение 10 мин, затем туда добавлялась вода до Т:Ж = 1:10 при постоянном перемешивании смеси. Агломерированная смесь подавалась на концентрационный стол. При работе стола отдельно собирались плавающая часть смеси, хвосты стола, промежуточный продукт и алюмосиликатная часть. После первой операции обогащения собранные продукты высушивались до постоянной массы и взвешивались. От каждого продукта отби-

рались по три навески по 50 г и прокаливались для определения зольности. Показатели зольности усреднялись. Полученные результаты представлены в *табл. 4*.

В данной работе принципиально определена возможность получения угольного концентрата с зольностью до 30% из продуктов углеобогащения (проба БФ-3 ЦОФ «Березовская») гравитационным методом с использованием в качестве реагента отработанного моторного масла. При этом выход угольного концентрата может составить более 40% от массы отхода углеобогащения БФ-3.

Поскольку полученный угольный концентрат в высушенном виде представлен пылевидными частицами с размерами не более 100 мкм, использование которых в промышленной и бытовой сферах крайне ограничено, были выполнены эксперименты по его брикетированию. Опробованы способы брикетирования угольного концентрата (пыли) на лабораторном гидравлическом прессе и на экструдере с использованием вяжущего и без него. Оптимальный результат по качеству брикетов был получен на органическом вяжущем, разработанном в лаборатории ДВФУ с собственной низшей теплотой сгорания 4539 ккал/кг (высшая – 5272 ккал/кг) и зольностью 2,4%. При использовании вяжущего вещества зольность брикета снижает пропорционально его количеству.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам экспериментов с пробой БФ-3 выявлена устойчивая зависимость снижения зольности по мере уменьшения класса крупности частиц пробы, что позволяет сделать вывод о необходимости измельчения проб в случае организации переработки данных отходов с целью получения угольного концентрата.

Электростатическая сепарация не приводит к обогащению пробы БФ-3 по углю.

Использование гидроциклона дает хороший результат для обогащения промпродукта, имеющего небольшой по размерности диапазон частиц, позволяет получить концентрат с зольностью в районе 33% и выходом до 1/4 от исходной массы.

Гарантированный результат по содержанию угля в выделенном концентрате не менее 70% и зольностью не более 30% (*см. табл. 4*) получен при комбинировании метода масляной агломерации (упрощенный вариант) и одноступенчатого гравитационного обогащения на концентрационном столе. При этом расход отработанного масла на агломерацию не превышает 5% от веса высушенного обогащаемого материала.

Таблица 3

Технические характеристики

Technical characteristics

Показатели	Значение
Рабочий угол конуса циклона, град	10
Диаметр приемной камеры, мм	50
Эквивалентный диаметр входного отверстия, мм	12
Диаметр сливного отверстия насадки, мм	10; 12
Диаметр выходного отверстия песковой насадки, мм	2; 4; 6; 8

Таблица 4

Результаты определения зольности пробы БФ-3, измельченной и агломерированной маслом

Results of determining the ash content in the BF-3 sample milled and agglomerated with oil

Продукты обогащения СКО-1	Выход, г	Выход, %	Зольность, %
Хвосты стола (угольный концентрат)	3440	17,2	54,6
Промежуточный продукт	3800	19	75,1
Алюмосиликатная часть	2070	10,35	84,3
Плавающая часть (пена)	8690	43,45	24,6
Итого –0,5 + 0 мм	18 000	–	–
Потери	2000	10	–

Выделенный комбинированным способом углесодержащий концентрат представляет собой продукт, пригодный для применения в энергетических установках после придания ему удобной для использования формы, например в виде топливных брикетов. При использовании вяжущего зольность топливных брикетов может быть снижена.

Список литературы • References

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году» от 22 декабря 2022 г. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения: 15.03.2024).
2. Хамзина Т. Угольный шлам: вторая жизнь // Глобус. 2021. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vnedra.ru/tehnologii/ugolnyj-shlam-vtoraya-zhizn-13710/> (дата обращения: 15.03.2024). Khamzina T. Coal sludge: a second life. *Globus*. 2021;(1). [Electronic resource]. Available at: <https://www.vnedra.ru/tehnologii/ugolnyj-shlam-vtoraya-zhizn-13710/> (accessed 15.03.2024).
3. Таразанов И. Итоги работы угольной промышленности России за 2012 год // Уголь. 2013. № 3. С. 78-90. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/032013pdf> (дата обращения: 15.03.2024). Tarazanov I.G. Russia's coal industry performance for 2012. *Ugol'*. 2013;(3):78-90. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/032013pdf> (accessed 15.03.2024). (In Russ.).
4. Киреева А.С. Современное состояние и экологическая оценка влияния породных отвалов предприятий угольной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2022. № 1. С. 62-71. DOI: 10.46689/2218-5194-2022-1-1-62-71. Kireeva A.S. The current state and environmental assessment of the impact of rock dumps of coal industry enterprises. *Izvestiya Tulkogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle*. 2022;(1):62-71. (In Russ.). DOI: 10.46689/2218-5194-2022-1-1-62-71.
5. Качурин Н.М., Воробьев С.А., Чистяков Я.В., Рыбак Л.Л. Экологические последствия закрытия угольных шахт Кузбасса по газодинамическому фактору и опасности эндогенных пожаров на отвалах // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 4. С. 54-58. Kachurin N.M., Vorobyov S.A., Chistyakov Ya.V., Rybak L.L. Environmental consequences of the closure of Kuzbass coal mines by the gas dynamic factor and the danger of endogenous fires in landfills. *Ecologiya i promyshlennost Rossii*. 2015;19(4):54-58. (In Russ.).
6. Шадрюнова И.В., Зелинская Е.В., Волкова Н.А., Орехова Н.Н. Горнопромышленные отходы: ресурсный потенциал и технологии переработки (на примере Сибири и Урала). Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения). Материалы междунар. науч. конф. Красноярск, 2017. С. 15-21.
7. Перспективы экологически безопасного использования отходов производства на территориях горнодобывающих регионов / Н.М. Качурин, В.И. Ефимов, Е.К. Мосина и др. // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 9. С. 81-84. Kachurin N.M., Efimov V.I., Mosina E.K., Faktorovich V.V. Prospects for the environmentally safe use of industrial waste in the territories of mining regions. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2014;(9):81-84. (In Russ.).
8. Досмухамедов Н.К., Каплан В.А., Даруеш Г.С. Инновационная технология комплексной переработки золы от сжигания угля // Уголь. 2020. № 1. С. 58-63. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-58-63. Dosmukhamedov N.K., Kaplan V.A., Daruesh G.S. Innovative technology of integrated processing of ash from coal combustion. *Ugol'*. 2020;(1):58-63. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-58-63.
9. Черкасова Т.Г., Черкасова Е.В., Тихомирова А.В., Пилин М.О., Баранцев Д.А. Анализ отходов угледобычи, углепереработки и углеобогащения месторождений Кузнецкого угольного бассейна // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 6(154). С. 59-66. (In Russ.). DOI: 10.26730/1999-4125-2022-6-59-66. Cherkasova T.G., Cherkasova E.V., Tikhomirova A.V., Pilin M.O., Barantsev D.A. Analysis of waste from coal mining, coal refining and coal enrichment of deposits of the Kuznetsk coal basin. *Vestnik Kuzbasskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2022;6(154):59-66. DOI: 10.26730/1999-4125-2022-6-59-66.
10. Zhang W., Noble A., Yang X., Honaker R. A Comprehensive Review of Rare Earth Elements Recovery from Coal-Related Materials. *Minerals*. 2020;10(451):1-28. DOI: 10.3390/min10050451.
11. Peiravi M., Dehghani F., Ackah L. et al. A Review of Rare-Earth Elements Extraction with Emphasis on Non-conventional Sources: Coal and Coal Byproducts, Iron Ore Tailings, Apatite, and Phosphate Byproducts. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2021;(38):1-26. DOI: 10.1007/s42461-020-00307-5.
12. Slavković-Beškoski L., Ignjatović L., Čujić M. et al. Ecological and Health Risks Attributed to Rare Earth Elements in Coal Fly Ash. *Toxics*. 2024;12(71):1-15. DOI: 10.3390/toxics12010071.

Authors Information

Taskin A.V. – PhD (Chemistry), Head of the Laboratory of Technologies for the use of secondary Resources of Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922, Russian Federation, e-mail: taskin@yandex.ru

Fedotov D.R. – Assistant at the Polytechnic Institute of Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922, Russian Federation

Shkuratov A.L. – PhD (Chemistry), Associate Professor, Senior Researcher at the Environmental Analytical Center of Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922, Russian Federation, e-mail: shkuratov.al@dvfu.ru

Ivannikov S.I. – PhD (Chemistry), Researcher at the Institute of High-Tech Technologies and Advanced Materials of Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922, Russian Federation

Cherkasova T.G. – Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Director of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Barantsev D.A. – Assistant of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: kemche@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 25, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 662.749.33 © Т.Г. Черкасова✉, А.В. Неведров, А.В. Папин, 2024

UDC 662.749.33 © T.G. Cherkasova✉, A.V. Nevedrov, A.V. Papin, 2024

Институт химических и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies,
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU),
Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Оценка влияния температурного режима перегонки каменноугольной смолы на качество каменноугольного пека*

Assessment of coal tar distillation temperature on the quality of coal tar pitch

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-45-49>

В статье рассматривается процесс получения каменноугольного пека методом атмосферной перегонки каменноугольной смолы. В качестве исходного сырья применялась каменноугольная смола производства ПАО «Кокс». Исследования проводились при варьировании конечной температуры кубового остатка в колбе в интервале 400–430°C. Для полученных образцов каменноугольного пека были определены их основные качественные характеристики. На основании полученных результатов исследований были выявлены закономерности влияния температуры процесса перегонки каменноугольной смолы на качественные характеристики полученных пеков. По итогам выполненных работ дана оценка пригодности полученных образцов каменноугольного пека для использования в качестве сырья в электродной промышленности и в производстве углеродных волокон.

Ключевые слова: каменноугольная смола, каменноугольный пек, атмосферная перегонка, электродное производство, углеродное волокно.

Для цитирования: Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Оценка влияния температурного режима перегонки каменноугольной смолы на качество каменноугольного пека // Уголь. 2024;(4):45-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-45-49.

Abstract

The article discusses the process of obtaining coal tar by atmospheric distillation of coal tar. Coal tar produced by PJSC "Koks" was used as a feedstock. The studies were carried out by varying the final temperature of the cubic residue in the flask in the range of 400–430°C. For the obtained samples of coal tar, their main qualitative characteristics were determined. Based on the obtained research results, the regularities of the influence of the temperature of the coal tar distillation process on the qualitative characteristics of the obtained pitches were revealed. Based on the results of the work performed, an assessment of the suitability of the obtained coal pitch samples for use as raw materials in the electrode industry and in the production of carbon fibers is given.

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор химических наук, профессор,
директор Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru



**НОЦ
КУЗБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1193).

НЕВЕДРОВ А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

ПАПИН А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Keywords

Coal tar, coal pitch, atmospheric distillation, electrode production, carbon fiber.

For citation

Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V. Assessment of coal tar distillation temperature on the quality of coal tar pitch. *Ugol'*. 2024;(4):45-49. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-45-49.

Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1193).

ВВЕДЕНИЕ

Каменноугольный пек при комнатной температуре представляет собой однородное по внешнему виду твердое тело, состав которого представлен сложной смесью в основном конденсированных ароматических углеводородов и гетероциклических ароматических соединений с числом колец четыре и более. Каменноугольный пек при карбонизации обеспечивает высокий выход коксового остатка, что объясняется полиароматической структурой пека, которая включает в себя более 10000 различных соединений [1]. Плотность каменноугольного пека варьируется в интервале 1,31-1,33 г/см³ и объясняется высоким атомным отношением углерода к водороду, которое составляет не менее 1,7. Высокое содержание полициклических ароматических углеводородов в пеке обеспечивает высокую реакционную способность при термических превращениях [2].

Каменноугольный пек является важнейшим сырьевым компонентом в производстве большинства видов углеродной продукции, применяемой во многих областях, включая производство различных углеродных материалов для изготовления огнеупорных материалов [3], цветной и черной металлургии [4], атомной и ракетной техники, высокоплотных изотропных графитов [5], углеродных волокон [6, 7], игольчатого кокса [8], мезоуглеродных микросфер [9], используется в качестве сырья для получения активированных углей [10] и многих других материалов. Основным потребителем каменноугольного пека является цветная металлургия.

К главным характеристикам пека относятся температура размягчения, выход летучих веществ, коксовое число, зольность, количество веществ, не растворимых в хинолине и толуоле. Эти характеристики определяются стандартными методами анализа и позволяют оценить пригодность пека для использования в той или иной области применения [11].

На способность каменноугольного пека образовывать мезофазу, необходимую для производства углеродных волокон, также оказывает влияние групповой состав пека. Групповой (или фракционный) состав определяется путем разделения пека на фракции с помощью органических растворителей (гептана, хинолина, толуола). Таким образом, методом селективной экстракции растворителями пеки разделяются на следующие фракции:

- γ -фракция – нейтральные смолы или мальтены, растворимые в легком бензине и насыщенных углеводородах (гептане и др.);
- β -фракция – асфальтены, не растворимые в предельных углеводородах, но растворимые в горячем бензоле, толуоле;
- α -фракция – карбены, не растворимые в бензоле, но растворимые в хинолине;
- α_1 -фракция – карбоиды, практически не растворимые в известных растворителях [12, 13].

Содержание β -фракции однозначно определяет температуру размягчения. β -фракция проявляет меньше способности к коксообразованию, чем γ -фракция. При коксовании γ -фракции получается наименьший выход коксового остатка.

α -фракция обеспечивает спекание и коксующие свойства пеков. Остаток коксования α -фракции представляет собой хрупкий материал. α_1 -фракция увеличивает выход углерода и механическую прочность остатка, полученного

в результате коксования пека. Увеличение концентрации α_1 -фракции снижает пластифицирующие свойства связующего, так как чем больше содержание α_1 -фракции, тем ниже содержание низкомолекулярных β - и γ -фракций, обуславливающих его реологические свойства [12, 13].

От соотношения фракций дисперсной системы пеков зависят их волокнообразующие свойства [12, 13, 14, 15]. α_1 -фракция содержит частицы уноса угля, зольные и высокомолекулярные соединения, поэтому ее присутствие снижает графитируемость [16].

Многие элементы, присутствующие в золе пека, выступают в качестве катализаторов окисления воздухом и/или CO_2 . Поэтому важным показателем является содержание золы в пеке. В составе зольных примесей щелочные и щелочноземельные металлы выступают катализаторами реакций углерода с кислородом воздуха и CO_2 [17].

Увеличение вязкости пеков затрудняет образование мезофазы. Также подавляет рост крупных частиц мезофазы присутствие заметного количества неплавких и не растворимых в хинолине фракций (α_1 -фракции).

Некоторые свойства каменноугольных пеков представлены в *табл. 1*.

Как следует из *табл. 1*, каменноугольный пек содержит высокое количество α_1 -фракции, что затрудняет формирование мезофазы. По этой причине при использовании каменноугольного пека в качестве сырья для получения мезофазного пека требуется предварительное удаление α_1 -фракции.

Элементный состав каменноугольного пека и его фракций характеризуется высоким содержанием углерода и низким содержанием водорода. Максимальное содержание углерода, свидетельствующее о наиболее высокой конденсированности, имеет α_1 -фракция, α - и β -фракции содержат по сравнению с исходным каменноугольным пеком повышенное количество кислорода, который, возможно, присоединяется в процессе их выделения (растворения, фильтрования, сушки). С повышением температу-

ры размягчения содержание углерода в каменноугольном пеке и его фракциях заметно увеличивается.

В Институте химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» были проведены исследования каменноугольного пека, полученного при атмосферной перегонке каменноугольной смолы.

В качестве исходного сырья использовалась каменноугольная смола коксохимического производства ПАО «Кокс». Каменноугольная смола имела следующие качественные характеристики:

- массовая доля воды – 2,0%;
- массовая доля веществ, не растворимых в толуоле – 11,0%;
- массовая доля веществ, не растворимых в хинолине – 6,7%;
- зольность – 0,1%.

Каменноугольная смола подвергалась разгонке на фракции при атмосферном давлении на лабораторной установке [18] до достижения заданной температуры каменноугольной смолы (кубового остатка). По мере нагревания из смолы удалялись легкокипящие фракции, а пек в виде высококипящего остатка накапливался в смолоразгонной колбе. Конечная температура дистилляции смолы (температура кубового остатка) варьировалась в интервале 400–430°C.

В ходе дистилляции каменноугольной смолы из нее выделялись следующие фракции (в скобках указаны интервалы температур кипения фракций): легкая ($\leq 170^\circ\text{C}$); фенольная (170–210°C); нафталиновая (210–230°C); поглотительная (230–270°C); антраценовая (270–360 C), пек ($\geq 360^\circ\text{C}$).

Полученные в ходе дистилляции каменноугольной смолы образцы каменноугольного пека подвергались исследованию с целью определения их качественных характеристик. Были определены следующие показатели качества пеков: температура размягчения; содержание веществ, не растворимых в толуоле и хинолине; зольность, выход летучих веществ (*табл. 2*).

Таблица 1

Типичный диапазон свойств каменноугольного пека

A typical range of coal tar pitch properties

Свойства	Метод определения	Единица измерения	Типичный диапазон
Содержание воды	ISO 5939	%	0,0-0,2
Дистилляция при 0–270 °C	ISON647	%	0,1-0,5
0–360 °C			3,0-6,0
Температура размягчения	ISO 5940	°C	110-115
Вязкость при 140 °C	ISO 8003	сПз	8000-14000
160 °C			1200-2000
180 °C			300-500
Плотность	ISO 6999	кг/дм ³	1,310-1,330
Коксовое число	ISO 6998	%	56-60
Нерастворимые в хинолине, α_1 -фракция	ISO 6791	%	6-16
Нерастворимые в толуоле, α -фракция	ISO 6376	%	26-34
Содержание золы	ISO 8006	%	0,1-0,3
Содержание серы	ISO 10238	%	0,4-0,6
Примеси Na	ISO 12980	ppm	50-250
K			10-50
Mg			5-30
Ca			20-100

**Качественная характеристика лабораторных образцов
каменноугольного пека атмосферной перегонки каменноугольной смолы**

Qualitative characteristics of the coal tar pitch laboratory samples from atmospheric distillation of coal tar

Наименование показателя	Конечная температура дистилляции, °С		Значение показателя по ГОСТ 10200-2017
	400	430	
Температура размягчения (T_p), °С	56,8	81,4	65-95
Содержание веществ, не растворимых в толуоле (α -фракция), %	24,1	33,6	Не менее 24
Содержание веществ, не растворимых в хинолине (α_1 -фракция), %	6,7	8,1	7-16
Зольность (A^d), %	0,17	0,20	Не более 0,3
Выход летучих веществ (I^{ad}), %	66,9	58,7	Не более 63

Пригодность каменноугольного пека для применения в электродном производстве определяется соответствием качества полученного пека требованиям ГОСТ 10200-2017 «Пек каменноугольный электродный. Технические условия».

Для применения в производстве углеродных волокон полученный каменноугольный пек должен обладать следующими характеристиками: температура размягчения пека должна быть более 150°C, зольность пека не должна превышать 0,1%, содержание α_1 -фракции должно быть менее 1%. Кроме того, полученный пек должен быть мезофазным.

Результаты исследований качества каменноугольных пеков (см. табл. 2), полученные при разных значениях конечной температуры атмосферной разгонки каменноугольной смолы, показывают большую степень влияния температуры процесса на качество получаемых пеков. При увеличении конечной температуры разгонки смолы в получаемых пеках повышаются температура размягчения, содержание α -фракции и α_1 -фракции, снижается выход летучих веществ.

Качество каменноугольного пека, полученного при 430°C, в большей степени соответствует требованиям ГОСТ 10200-2017 и может применяться в качестве сырья в электродном производстве.

Однако качество пеков, полученных при атмосферной перегонке каменноугольной смолы (при 400 и 430°C), не соответствует требованиям к сырью для производства углеродных волокон, поскольку они имеют низкую температуру размягчения, высокую зольность, высокое содержание α_1 -фракции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Атмосферная перегонка каменноугольной смолы позволяет получать каменноугольные пеки пригодные для применения в электродной промышленности. Для повышения качества получаемого пека необходимо использовать более высокие конечные температуры перегонки смолы (температуры кубового остатка).

Однако при атмосферной перегонке каменноугольной смолы не удается достигнуть качества получаемого пека, соответствующего требованиям к сырью для производства углеродных волокон. Поэтому для производства углеродных волокон требуется осуществлять очистку получен-

ного каменноугольного пека от α_1 -фракции, а также дополнительную термическую обработку очищенного пека.

Список литературы • References

1. Zander M., Collin G. A review of the significance of polycyclic aromatic chemistry for pitch science. *Fuel*. 1993;(72):1281-1285.
2. Brooks J.D., Taylor G.H. The formation of graphitizing carbons from the liquid phase. *Carbon*. 1965;3(2):185-193. DOI: 10.1016/0008-6223(65)90047-3.
3. Kuznetsov P.N., Kuznetsova L.I., Buryukin F.A., Marakushina E.N., Frizorger V.K. Methods for the preparation of coal tar pitch. *Solid Fuel Chemistry*. 2015;49(4):213-225. DOI: 10.3103/S0361521915040059.
4. Zabihi O., Shafei S., Fakhrohoseini S., Ahmadi M., Nazarloo H., Stanger R., Tran Q., Lucas J. Low-cost carbon fibre derived from sustainable coal tar pitch and polyacrylonitrile: fabrication and characterization. *Materials*. 2019;12(8):1281. <https://doi.org/10.3390/ma12081281>.
5. Miloshenko T.P., Fetisova O.Y., Shchipko M.L., Kuznetsov B.N. Use of coal tar pitch and petroleum bitumen in the production of thermally expanded graphite (short communication). *Soil Fuel Chem*. 2008;42(3):163-164.
6. Liu J., Chen X., Liang D., Xie Q. Development of pitch-based carbon fibers: A review. *Energ. Source. Part A*. 2020:1-21. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1806952>
7. Derbyshire F., Andrews R., Jacques D., Jagtoyen M., Kimber G., Rantell T. Synthesis of isotropic carbon fibers and activated carbon fibers from pitch precursors. *Fuel*. 2001;80(3):345-356. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(00\)00099-5](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(00)00099-5).
8. Li L., Lin X., Zhang Y., Dai J., Xu D., Wang Y. Characteristics of the mesophase and needle coke derived from the blended coal tar and biomass tar pitch. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*. 2020;(150):104889.
9. Li L., Lin X., He J., Zhang Y., Wang Y. Preparation of mesocarbon microbeads from coal tar pitch with blending of biomass tar pitch. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2021;(155):105039.
10. Zeng C., Lin Q., Fang C., Xu D., Ma Z.. Preparation and characterization of high surface area activated carbons from co-pyrolysis product of coal-tar pitch and rosin. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2013;(104):372-377. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2013.06.010>.
11. Угапов А.А., Дошлов О.И. Нефтяной пек дезинтегрированный – альтернативное связующее для анодов нового поколения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 6 (77). С. 151-156.

- Ugaryev A.A., Doshlov O.I. Disintegrated petroleum pitch – an alternative binder for new generation anodes. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013;6(77): 151-156. (In Russ.).
12. Набиуллина Э.Р. Хроматография нефтяных пеков и их структурно-групповой состав. Дисс. ... канд. хим. наук. Уфа: Башкир. гос. ун-т, 1990. 152 с.
13. Валинурова Э.Р., Кудашева Ф.Х. Структурно-групповой состав волокнообразующих нефтяных пеков // *Химия и химическая технология*. 2015. Том 58. Вып. 7. С. 62-65.
Valinurova E.R., Kudasheva F.H. Structural and group composition of fiber-forming oil pitches. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. 2015;58(7):62-65. (In Russ.).
14. Матвейчук Л.С. Разработка технологии получения нефтяного изотропного волокнообразующего пека в реакторах проточного типа. Дисс. канд. техн. наук. Уфа: Башкир. науч.-иссл. ин-т по перераб. нефти, 1991. 215 с.
15. Мухамедзянова А.А. Разработка технологии получения волокнообразующих пеков на основе нефтяного сырья. Дисс. ... доктора техн. наук. Уфа: Башкир. гос. ун-т, 2013. 288 с.
16. Янко Э.А. Аноды алюминиевых электролизеров. М.: Руда и металлы, 2001. 671 с.
17. Хьюм Ш.М. Реакционная способность анода. Красноярск: Клаветианум, 2003. 460 с.
18. Неvedров А.В., Папин А.В., Черкасова Т.Г. Характеристика пека, полученного при атмосферной перегонке каменноугольной смолы // *Уголь*. 2023. № 512. С. 98-102. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-98-102.

Nevedrov A.V., Papin A.V., Cherkasova T.G. Characteristics of pitch produced by atmospheric distillation of coal tar. *Ugol*. 2023;(512):98-102. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-98-102.

Authors Information

Cherkasova T.G. – Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Director of Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Nevedrov A.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Papin A.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 25, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

Агентство Bloomberg:

несмотря на стремление мира перейти к зеленой экономике, уголь остается популярным энергоресурсом, добыча остается на высоком уровне, а цены близки к рекордным, в частности за счет роста спроса в Азии.

Несмотря на глобальное стремление «оставить уголь в истории» и перейти к зеленой экономике, это ископаемое топливо все еще остается популярным – в некоторых странах растут добыча и производство угля, а цены на него близки к рекордным, достигнутым в 2022 г., пишет Bloomberg.

Агентство объясняет это сочетанием энергетической нестабильности Китая, заставляющей Пекин возвращаться к надежным источникам энергии, растущего спроса в Индии, последствий конфликта на Украине и сбоев в международных программах по «отучению развивающихся экономик от ископаемого топлива».

По данным Bloomberg, объем производства угля в прошлом году достиг рекордного уровня, и производители готовятся к будущему, в котором им потребуется «еще несколько десятилетий», чтобы сбалансировать использование возобновляемых источников энергии.

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

УДК 551.583; 662.764; 504.054 © О.В. Тайлаков✉, Е.А. Уткаев,
С.В. Соколов, Е.С. Снетова, Д.С. Михалев, А.А. Тайлаков, 2024

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук,
650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: oleg2579@gmail.com

UDC 551.583; 662.764; 504.054 © O.V. Tailakov✉, E.A. Utkaev,
S.V. Sokolov, E.S. Snetova, D.S. Mikhalev, A.A. Tailakov, 2024

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo,
650000, Russian Federation
✉ e-mail: oleg2579@gmail.com

Цифровизация расчетов выбросов парниковых газов при добыче и транспортировке угля*

Digitalization of calculations of greenhouse gas emissions from coal mining and transportation

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-50-56>

ТАЙЛАКОВ О.В.

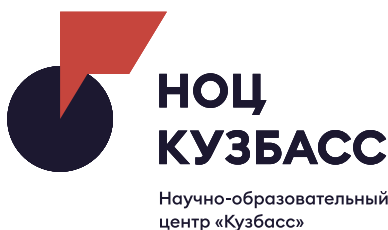
Доктор техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук»,
Институт угля,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: oleg2579@gmail.com

УТКАЕВ Е.А.

Канд. техн. наук, заведующий лабораторией
ресурсов и технологий извлечения угольного метана
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук»,
Институт угля,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: utkaev@mail.ru

Обсуждаются вопросы обязательного учета и формирования отчетной документации по выбросам парниковых газов в угольной промышленности при добыче угля и последующем обращении с ним. Представлена цифровая платформа мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов и их сокращения при использовании чистых угольных технологий, которая предназначена для автоматизации учета выбросов парниковых газов. Приводятся описание алгоритма работы и структура программного обеспечения. По результатам тестовых расчетов установлено, что разработанная цифровая платформа расчета выбросов метана и углекислого газа характеризуется устойчивым функционированием расчетных модулей фугитивных выбросов ПГ. Отмечено, что разработанная цифровая платформа мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов и их сокращений при использовании чистых уголь-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 № 1144-р (Соглашение № 075-15-2022-1196).



ных технологий способна обеспечить повышение качества подготовки отчетов угольных компаний об инвентаризации выбросов ПГ и эффективности внедрения технологий утилизации шахтного метана.

Ключевые слова: мониторинг, инвентаризация выбросов, шахтный метан, углекислый газ, парниковые газы, цифровая платформа, фугитивные выбросы, модуль расчета, база данных, коэффициент эмиссии.

Для цитирования: Цифровизация расчетов выбросов парниковых газов при добыче и транспортировке угля / О.В. Тайлаков, Е.А. Уткаев, С.В. Соколов и др. // Уголь. 2024;(4):50-56. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-50-56.

Abstract

The issues of mandatory accounting and development of reporting documentation on greenhouse gas emissions in the coal industry during coal mining and its subsequent handling are discussed. A digital platform of fugitive greenhouse gas emissions monitoring and their reductions with clean coal technologies using, which is developed to automate the accounting of greenhouse gas emissions, is presented. A description of the operating algorithm and software structure is provided. The results of test calculations indicated that the developed digital platform for calculating methane and carbon dioxide emissions is characterized by the stable functioning of calculation modules for fugitive greenhouse gases emissions. The ability of developed digital platform for monitoring fugitive greenhouse gas emissions and their reductions when using clean coal technologies for improving the quality of development of reports from coal companies on the inventory of greenhouse gas emissions and the efficiency of implementation of coal mine methane utilization technologies is noted.

Keywords

Monitoring, emissions inventory, coalmine methane, carbon dioxide, greenhouse gases, digital platform, fugitive emissions, calculation module, database, emission factor.

For citation

Tailakov O.V., Utkaev E.A. Sokolov S.V., Snetova E.S. Mikhalev D.S., Tailakov A.A. Digitalization of calculations of greenhouse gas emissions from coal mining and transportation. *Ugol'*. 2024;(4): 50-56. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-50-56.

Acknowledgements

The research was carried out as part of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022 (Agreement No. 075-15-2022-1196).

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день одним из важнейших реализуемых направлений технологического развития РФ является обеспечение цифровизации действующих отраслей промышленности. В рамках данного направления активно проводится и цифровизация процессов, сопутствующих осуществлению мониторинга климатических изменений [1]. Известно, что на основа-

СОКОЛОВ С.В.

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: sokolovsviui@bk.ru

СНЕТОВА Е.С.

Ведущий инженер
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: katya.snetova.97@mail.ru

МИХАЛЕВ Д.С.

Лаборант
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук»,
Институт угля,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: mikhalev@mail.ru

ТАЙЛАКОВ А.А.

Инженер
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук»,
Институт угля,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: aleksandr.tailakov@mail.ru

нии Федерального закона № 296 «Об ограничении выбросов парниковых газов» предприятиями самостоятельно или с привлечением организаций, специализирующихся на составлении отчетности в данной области [2], должны формироваться отчеты для отправки в уполномоченный федеральный орган исполнительной власти. При этом методы расчета выбросов парниковых газов и перечень необходимых исходных данных регламентируются Приказом № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» [3, 4]. В настоящий момент правительственные структуры РФ подчеркивают важность обеспечения цифровизации процессов, сопутствующих осуществлению мониторинга климатических изменений, как официально (Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2022 г. № 3240-р Об утверждении важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» и плана мероприятий («дорожной карты») по реализации первого этапа (2022-2024 гг.) важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» от 1 декабря 2022 г.), так и неофициально (заявление о необходимости формирования модели «цифровой карбоновый двойник нашей страны», озвученное в рамках проведения Петербургского международного экономического форума в 2022 г. [5]). Очевидно, что такие шаги, как формирование информационной базы национальной системы мониторинга климатически активных веществ, а тем более, разработка модели «цифровой карбоновый двойник страны», требуют всестороннего учета объемов выбросов и поглощений парниковых газов, что обуславливает необходимость разработки совокупности специализированных аналитических и технических решений для осуществления расчетов различного типа в различных отраслях промышленности и на различных уровнях [3, 6].

Одним из таких решений является цифровая платформа мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов и их сокращений при использовании чистых угольных технологий, разработанная ФИЦ УУХ СО РАН для автоматизации учета выбросов парниковых газов на угольных предприятиях [7]. Цифровая платформа представляет собой онлайн-программный аналитический комплекс сбора, обработки и хранения данных о выбросах в атмосферу метана и углекислого газа при добыче угля и его транспортировке [8]. Применение цифровой платформы обеспечивает выполнение расчетов фугитивных выбросов парниковых газов при добыче угля подземным и открытым способами, а также выбросов, осуществляемых в рамках последующего обращения с углем, добытым подземным способом [9].

Цифровая платформа расчета выбросов метана и углекислого газа разработана с использованием общедоступных и открыто распространенных технологий. Цифровая платформа расчета выбросов метана и углекислого газа включает клиентскую и серверную части. В цифровой платформе реализована трехуровневая схема обработки информации, обеспечивающая [7]: извлечение

информации пользователя и справочных материалов из базы данных; выполнение расчетов и управление данными в серверном приложении: ввод исходных данных и отображение результатов в клиентском приложении. Управление данными с клиентской стороны осуществляется с помощью интерфейса API, который позволяет подключаться к серверу отдельным HTTP-методом для выполнения конкретной задачи с получением ответа сервера [10]. Для разработки серверной части применены технологии python, django, flask, postgresql, для разработки клиентской части – react.js, javascript, typescript, electron, bootstrap, node.js [11, 12]. Преобразование данных из Python в формат JSON осуществляется путем использования встроенного функционала сериализатора Django Rest Framework [13]. Окно каждого приложения клиентской части представлено уникальной структурой входных данных. Структура выходных данных имеет вид HTTP либо JSON ответа сервера. Входными и выходными данными клиентского приложения являются переменные на его окнах, каждое из которых характеризуется уникальной структурой данных. Для каждого из методов расчета реализован собственный сериализатор, позволяющий выполнить гибкую настройку любого расчета на получение или представление данных с заданными структурой и форматом.

Разработанный интерфейс цифровой платформы обеспечивает следующий основной функционал приложений: авторизация и регистрация пользователей («Авторизация и регистрация»); настройки («Настройка»); работа с проектами («Проект»); выполнение расчетов («Расчеты»); работа с меню вкладок («Меню»); работа со справочниками («Справочники»). Модуль расчета выбросов метана и углекислого газа относится к серверной части. Реализация модуля представляет собой единый класс, методы которого обеспечивают расчет выбросов метана и углекислого газа при добыче угля открытым способом; метана и углекислого газа при добыче угля подземным способом; метана при последующем обращении с углем, добытым подземным способом и вызываются в зависимости от выбранного типа расчета (рис. 1).

С целью хранения требуемых для расчета фугитивных выбросов парниковых газов при угледобыче и последующем обращении с углем справочных данных на удаленном сервере развернута база данных. Разработанный интерфейс обеспечивает возможность контроля корректности заполнения коэффициентов, а также их создания, редактирования и удаления.

Представленные особенности цифровой платформы расчета выбросов метана и углекислого газа обеспечивают принципиальную возможность ее применения для расчетов выбросов на угледобывающих предприятиях. Для верификации работоспособности модулей цифровой платформы мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов были выполнены тестовые расчеты с использованием набора синтетических данных и сопоставлены с аналитическими расчетами, выполненными в соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определе-

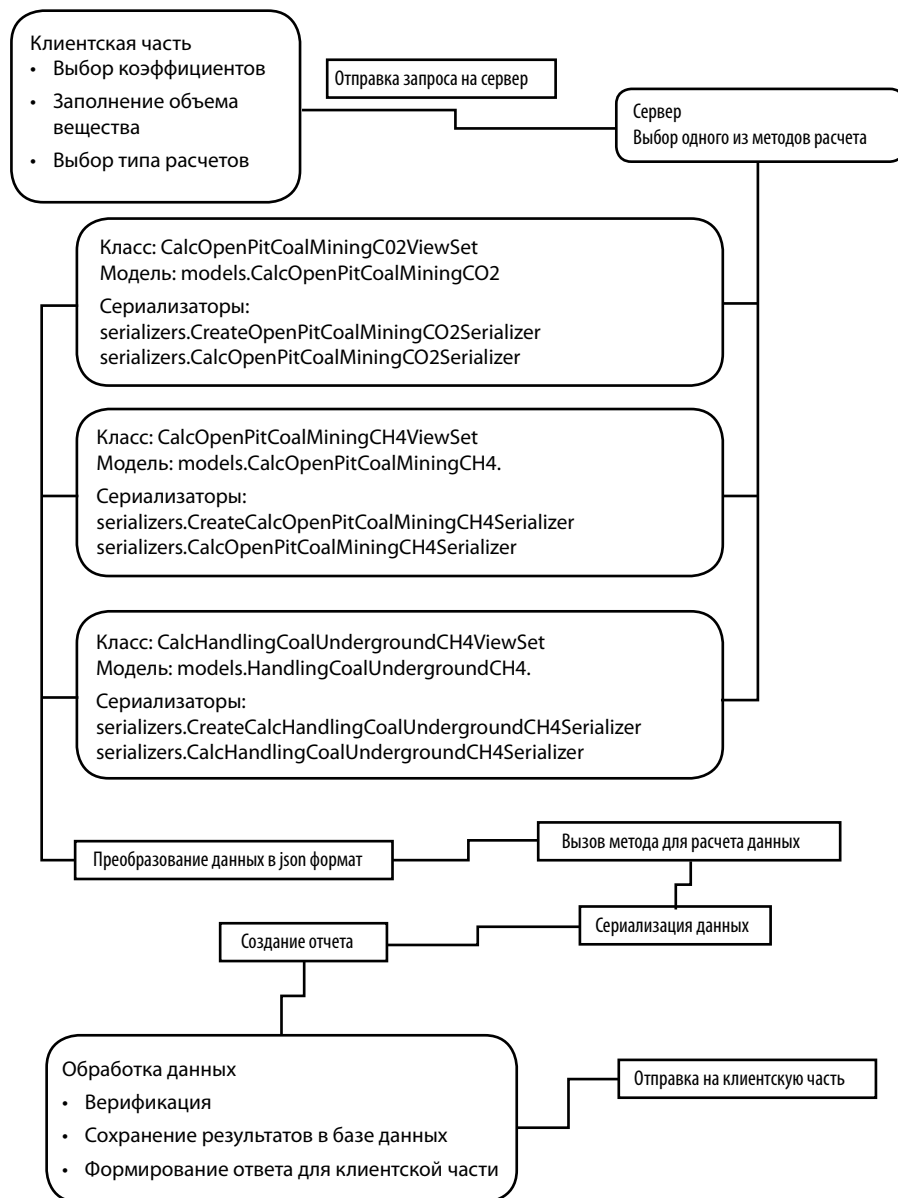


Рис. 1. Принципиальная схема работы модуля расчетов
Fig. 1. A principle diagram of the calculations module operation

ния объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» и «Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006» [3, 6]. Контрольный расчет проведен без использования средств автоматизации и стороннего ПО и представлен ниже для следующих категорий выбросов парниковых газов: выбросы CH_4 и CO_2 при добыче угля подземным способом, выбросы CH_4 при добыче угля открытым способом, выбросы CO_2 при добыче угля открытым способом (выбросы от транспорта), выбросы CH_4 после добычи угля подземным способом.

Расчет выбросов CO_2 и CH_4 при добыче угля подземным способом

Для определения объема фугитивных выбросов при добыче угля подземным способом принятые данные о расходе углеводородной смеси для осуществления техно-

логических операций или объеме их отведения (стравливания, рассеивания) без сжигания или каталитического окисления – 2498176 тыс. м^3 . Концентрация CO_2 и CH_4 в углеводородной смеси – 0,05 и 0,18% соответственно. Эмиссия парниковых газов от действующих вентиляционных и дегазационных систем рассчитывается по формуле:

$$E_{i,y} = \sum (FC_y \cdot W_{i,y} \cdot \rho_i \cdot 10^{-2}) \quad (1)$$

где $E_{i,y}$ – фугитивные выбросы i -парникового газа за период y , т; FC_y – расход углеводородной смеси на технологические операции (объем отведения без сжигания) за период y , тыс. м^3 ; $W_{i,y}$ – содержание i -парникового газа в углеводородной смеси за период y , % об.; ρ – плотность i -парникового газа, $\text{кг}/\text{м}^3$ (принимается по таблице 1.2 Методики № 371) [3]; i – CO_2 , CH_4 .

Расчет объема выбросов CO_2 и CH_4 :

$$\begin{aligned} E_{\text{CO}_2 \text{ центр.транс.ствол пл.42}} &= \\ &= 2\,498\,176 \cdot 0,05 \cdot 1,8738 \cdot 0,01 = \\ &= 2\,340,54 \text{ т } \text{CO}_2\text{-экв.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{CH}_4 \text{ центр.транс.ствол пл.42}} &= \\ &= (2\,498\,176 \cdot 0,18 \cdot 0,6797 \cdot 0,01) \cdot 25 = \\ &= 76\,410,46 \text{ т } \text{CO}_2\text{-экв.} \end{aligned}$$

Суммарные выбросы при добыче угля подземным способом:

$$\begin{aligned} E_{i,y} &= 2\,340,54 + 76\,410,46 = \\ &= 78\,751,00 \text{ т } \text{CO}_2\text{-экв.} \end{aligned}$$

Результаты автоматизированного расчета, выполненного в цифровой платформе (рис. 2), совпадают с результатами аналитического расчета, что свидетельствует о корректности функционирования модуля расчетов выбросов метана и углекислого газа при добыче угля подземным способом.

Расчет выбросов CO_2 при добыче угля открытым способом (выбросы от транспорта)

Расчет объема выбросов CO_2 при сжигании топлива транспортом рассчитываются по формуле:

$$E_{\text{CO}_2,y} = \sum (FC_{j,b,y} \cdot EF_{i,b}) \quad (2)$$

где $E_{\text{CO}_2,y}$ – выбросы CO_2 от сжигания топлива в двигателях автотранспортных средств за период y , т CO_2 -экв; $FC_{j,b,y}$ – расход топлива вида j транспортным средством типа b за период y , т; $EF_{i,b}$ – коэффициент выбросов CO_2 при использовании в транспортном средстве типа b вида топлива j , т CO_2 -экв/т (для бензина $EF = 3,026$ т CO_2 -экв/т) [3]; i – вид топлива; b – тип транспортного средства.

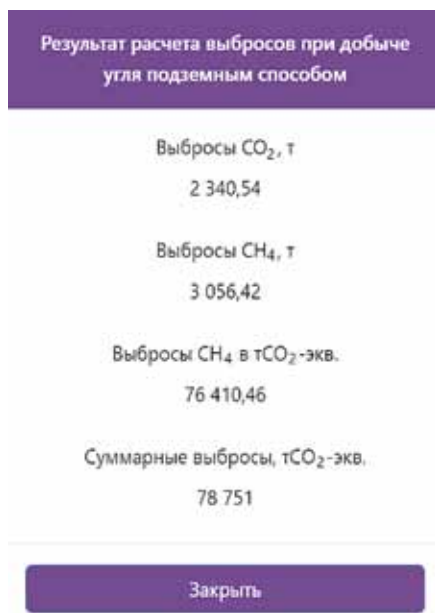


Рис. 2. Результаты расчета выбросов CO₂ и CH₄ при добыче угля подземным способом

Fig. 2. Calculation results of the CO₂ and CH₄ emissions in underground coal mining

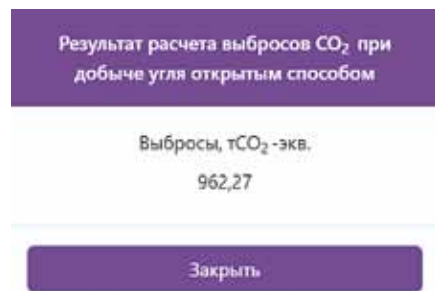


Рис. 3. Результаты расчета выбросов CO₂ при добыче угля открытым способом

Fig. 3. Calculation results of the CO₂ emissions in surface coal mining

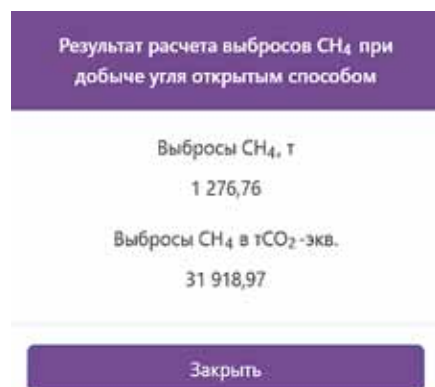


Рис. 4. Результаты расчета выбросов CH₄ при добыче угля открытым способом

Fig. 4. Calculation results of the CH₄ emissions in surface coal mining

Количество сожженного топлива составляет 318,00 т бензина. Таким образом, выбросы парниковых газов при сжигании топлива транспортом за отчетный период:

$$E_{\text{CO}_2, \text{б.}} = 318,00 \cdot 3,026 = 962,27 \text{ т CO}_2\text{-эquiv.}$$

Результаты автоматизированного расчета, выполненного в цифровой платформе, представлены на рис. 3.

Расчет выбросов CH₄ при добыче угля открытым способом

Объем выбросов метана в атмосферу при открытой добыче угля определяется по формуле:

$$\text{Выбросы CH}_4 = \text{Коэффициент CH}_4 \times \text{открытая добыча угля} \times \text{Коэффициент преобразования}, \quad (3)$$

где Выбросы CH₄ – выбросы метана при открытой добычи угля, тыс. т/год; Добыча угля – производство угля при открытой разработке, т; Коэффициент выбросов CH₄ – коэффициент выбросов метана, м³/т [6]; Коэффициент преобразования – плотность метана при 20°C и давлении в 1 атм. (составляет $0,67 \cdot 10^{-3} \text{ т/м}^3$) [6].

В соответствии с Руководящими принципами национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК значение коэффициента выбросов CH₄ зависит от толщины вскрышных пород.

На принятом для расчета угледобывающем предприятии добыто 952 805 т угля, толщина вскрышных работ – 135 м. При толщине вскрышных пород более 50 м принимается коэффициент выброса CH₄, равный 2,0 м³т⁻¹. Таким образом, выбросы парниковых газов при открытой добыче угля составят:

$$\text{Выбросы CH}_4 = (2,0 \cdot 952\,805 \cdot 0,67 \cdot 10^{-3}) \cdot 25 = 31\,918,97 \text{ т.}$$

Результаты автоматизированного расчета, выполненного в цифровой платформе, представлены на рис. 4.

Результаты автоматизированного расчета выбросов парниковых газов при добыче угля открытым способом, выполненного в цифровой платформе, совпадают с результатами аналитического расчета, что свидетельствует о корректности функционирования модуля расчетов выбросов метана и углекислого газа при добыче угля открытым способом.

Расчет выбросов CH₄ при обращении с углем, добытым подземным способом

Расчет выбросов метана в атмосферу при обращении с углем, добытым подземным способом выполняется по формуле:

$$\text{Выбросы CH}_4 = \text{Коэффициент CH}_4 \times \text{подземная добыча угля} \times \text{Коэффициент преобразования}, \quad (4)$$

где Выбросы CH₄ – выбросы метана после подземной добычи угля, тыс. т/год; Добыча угля – производство угля при открытой разработке, т; Коэффициент выбросов CH₄ – коэффициент выбросов метана, м³/т [6]; Коэффициент преобразования – плотность метана при 20°C и давлении в 1 атм. (составляет $0,67 \cdot 10^{-3} \text{ т/м}^3$) [6].

В соответствии с Руководящими принципами национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК значение коэффициента выбросов CH₄ зависит от глубины залегания угольных пластов.

На принятом для расчета угледобывающем предприятии добыто 950 000 т угля, глубина залегания пластов – 302 м. При глубине залегания угольных пластов менее 400, но более 200 метров принимается коэффициент выброса CH₄, равный 2,5 м³т⁻¹. Таким образом, выбросы парниковых газов при обращении с углем, добытым подземным способом, составят:

$$\text{Выбросы CH}_4 = (2,5 \cdot 950\,000 \cdot 0,67 \cdot 10^{-3}) \cdot 25 = 39\,781,25 \text{ т.}$$

Результаты автоматизированного расчета, выполненного в цифровой платформе (рис. 5), совпадают с результатами аналитического расчета, что свидетельствует о корректности функционирования модуля расчетов выбросов метана при последующем обращении с углем, добытым подземным способом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанная цифровая платформа расчета выбросов метана и углекислого газа характеризуется устойчивым функционированием расчетных модулей фугитивных выбросов парниковых газов, сопровождающих: добычу угля подземным способом, добычу угля открытым способом и последующее обращение с углем, добытым подземным способом. Это подтверждает рациональность ее использования при расчете выбросов парниковых газов угледобывающими предприятиями и организациями, выполняющими инвентаризацию выбросов парниковых газов, специалистами экологических отделов, формирующими отчеты об эмиссии парниковых газов угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий.

Применение разработанной цифровой платформы в рамках цифровизации расчетов выбросов парниковых газов при добыче и транспортировке угля способно в перспективе обеспечить повышение качества подготовки отчетов угольных компаний об инвентаризации выбросов парниковых газов, тиражирование положительного опыта применения чистых угольных технологий, направленных на утилизацию шахтного метана и снижение техногенного воздействия на окружающую среду [14, 15].

Список литературы • References

1. Алгоритмическое обеспечение цифровой платформы мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов при угледобыче / О.В. Тайлаков, С.В. Соколов, Е.А. Уткаев, Д.С. Михалев // Уголь. 2023. № 5. С. 84-89.
Tailakov O.V., Sokolov S.V., Utkaev E.A. & Mikhalev D.S. Algorithmic support of the digital platform for monitoring fugitive greenhouse gas emissions from coal mining. *Ugol*. 2023;(5):84-89. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-84-89.
2. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ Об ограничении выбросов парниковых газов. [Электронный ресурс]. Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения: 15.03.2024).
3. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов. [Электронный ресурс]. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/350962750> (дата обращения: 15.03.2024).
4. Количественное определение объемов выбросов парниковых газов на угольных предприятиях / О.В. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.И. Смыслов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. Специальный выпуск 49. С. 507-514.
Tyakov O.V., Zastrelov D.N., Smyslov A.I. et al. Quantitative assessment of greenhouse gas emissions at coal enterprises. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten*. 2018;(49):507-514. (In Russ.).
5. Азимица Е.В. Климатическая повестка в условиях новой политической реальности // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2022. № 6. С. 97-101.
Azimina E.V. Climate agenda in conditions of the new political reality. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022;(6):97-101. (In Russ.).
6. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. [Электронный ресурс]. Межправительственная группа экспертов по изменению климата. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html> (дата обращения: 15.03.2024).
7. Программное обеспечение расчета выбросов метана и углекислого газа при добыче угля / О.В. Тайлаков, А.В. Чернецкая, А.А. Тайлаков и др. // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2023. № 4. С. 51-57.
Tailakov O.V., Chernetskaya A.V., Tailakov A.A., Mikhalev D.S., Cherkasov A.V. Methane and carbon dioxide emissions calculation software for coal mining. *Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoj i ekologicheskoy bezopasnosti*. 2023;(4):51-57. (In Russ.).
8. Kholod N., Evans M., Raymond C. Pilcher, Roshchanka V., Ruiz F., Coté M., Collings R. Global methane emissions from coal mining to continue growing even with declining coal production. *Journal of Cleaner Production*. 2020;(256):120489.
9. Салтымаков Е.А., Уткаев Е.А., Снетова Е.С. Разработка цифровой платформы для количественного учета выбросов шахтного метана в атмосферу // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2023. № 3. С. 51-58.
Saltymakov E.A., Utkaev E.A., Snetova E.S. Development of a digital platform for quantitative assessment of mine methane emissions into the atmosphere. *Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoj i ekologicheskoy bezopasnosti*. 2023;(3):51-58. (In Russ.).
10. Poneilat Joshua S., Rosenstock Lukas L. Designing APIs with Swagger and OpenAPI. Great Britain, Manning, 2022, pp. 426.
11. Вэб-документация angular. [Электронный ресурс]. URL: <https://angular.io/docs> (дата обращения: 15.03.2024).
12. Вэб-документация Фреймворк DRF. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.django-rest-framework.org/topics/documenting-your-api/> (дата обращения: 15.03.2024).

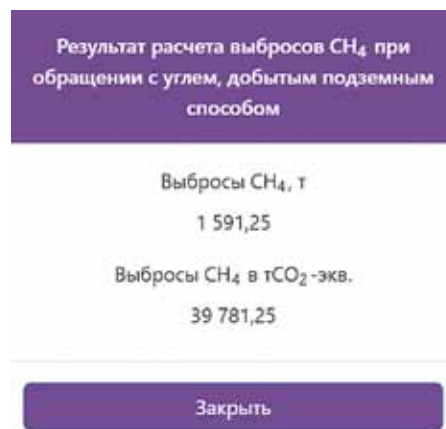


Рис. 5. Результаты расчета выбросов CH₄ при обращении с углем, добытым подземным способом

Fig. 5. Calculation results of the CH₄ emissions when handling coal produced by the underground mining

13. Romano Fabrizio., C. Hillar Gaston., Ravindran Arun. Learn Web Development with Python: Get Hands-on with Python Programming and Django Web Development. Great Britain, Packt Publishing, 2018, pp. 779.
14. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.09.2019 № 1228 «О принятии Парижского соглашения». [Электронный ресурс]. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561281256> (дата обращения: 15.03.2024).
15. Направления утилизации шахтного метана / О.В. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, Е.А. Уткаев и др. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 6. С. 62-67. Tailakov O.V., Zastrelov D.N., Utkaev E.A. et al. Prospects of the coal mine methane utilization. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2015;(6):62-67. (In Russ.).

Authors Information

Tailakov O.V. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Scientific Officer, Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal, 650000, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: oleg2579@gmail.com

Utkaev E.A. – PhD (Engineering), Head of the Laboratory of coalbed methane resources and recovery technologies, Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: utkaev@mail.ru

Sokolov S.V. – PhD (Engineering), Senior Researcher Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: sokolovsviuu@bk.ru

Snetova E.S. – Leading Engineer, Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: katya.snetova.97@mail.ru

Mikhalev D.S. – Laboratory Assistant, Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal, 650000, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: mikhalev@mail.ru

Tailakov A.A. – Engineer, Federal State Budgetary Institution «Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: aleksandr.tailakov@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 12.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 12, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

Более 1,6 тысячи красноярских угольщиков СУЭК и членов их семей отдохнут по льготным путевкам

Более 1,6 тыс. сотрудников красноярских предприятий СУЭК и членов их семей в 2024 г. смогут отдохнуть и пройти курс оздоровления за счет средств корпоративной социальной программы.

Оздоровляться и укреплять здоровье угольщики на протяжении многих лет предпочитают в санаториях Краснодарского, Алтайского краев и Хакасии, в последние годы они также осваивают здравницы Калининградской области. Не меньшей популярностью пользуется ведомственный санаторий-профилакторий «Шахтер» в Бородино: уютные номера, бассейн, кабинеты магнито-, лазеро- и прессотерапии, аэроионной, озono- и бальнеотерапии, ультрозвуковых методик лечения, массажа, ЛФК, фитобар, тропы здоровья в прилегающем к санаторию сосновому бору – многие справедливо считают, что по уровню оснащения и комфорта местная здравница не уступает другим известным курортам, находясь при этом практически в шаговой доступности.

Дети горняков тоже давно облюбовали летние лагеря рядом с домом. Тем более что кроме оздоровления ряд из них предлагает ребятам программы личностного раз-



вития, спортивной и творческой самореализации, углубленного изучения иностранного языка с его носителями. Те, кто постарше и посмелее, ездят в оздоровительные лагеря на Черном море, в Новосибирской области.

Обеспечение сотрудников и членов их семей оздоровительными путевками закреплено в коллективных договорах, которые действуют на всех предприятиях СУЭК в Красноярском крае. Этим документом, который заключается между работодателем и профсоюзами, предусмотрены и другие льготы для членов трудовых коллективов сверх установленных Трудовым кодексом РФ. Среди них: дополнительное медицинское страхование, бесплатная сезонная вакцинация против гриппа, клещевого энцефалита, дотирование расходов на питание, услуги ЖКХ, бесплатный пайковый уголь сотрудникам и пенсионерам, проживающим в домах без центрального теплоснабжения, денежные выплаты в сложных жизненных ситуациях и другие.

Пресс-служба АО «СУЭК»

УДК 622.337.7: 628.3 © И.В. Тимошук✉, А.К. Горелкина,
Е.С. Михайлова, Л.А. Иванова, Н.С. Голубева, 2024

UDC 622.337.7: 628.3 © I.V.Timoshchuk✉, A.K.Gorekina, E.S.
Mikhaylova, L.A. Ivanova, N.S.Golubeva

КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: irina_190978@mail.ru

Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: irina_190978@mail.ru

Ионообменные смолы для деkontаминации сточных вод угледобывающих предприятий*

Ion exchange resins for decontamination of wastewater from coal mining enterprises

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-57-62>

В настоящее время метод ионного обмена применяют для извлечения широкого спектра контаминантов при водоподготовке и очистке сточных вод различных отраслей промышленности. Существенное многообразие типов сорбентов предопределяет возможности применения ионообменных смол, отличающихся структурой (гелевая, пористая, промежуточная) и свойствами (ионообменная емкость, механическая прочность, химическая стойкость и т.д.). В работе представлены исследования по деkontаминации приоритетных загрязнителей, характерных для сточных вод угледобывающей промышленности (сульфат-ионы, нитрат-ионы, ионы железа, марганца) с применением ионообменных смол (AktivKohle plus, AB-17-8ЧС, Puresin PC 002к, FeroSoft). По экспериментальным данным рассчитаны значения динамической обменной емкости и полной динамической обменной емкости для всех исследуемых ионитов. Даны рекомендации для более эффективной очистки стоков.

Ключевые слова: сточные воды, ионообменные смолы, Puresin PC 002к, FeroSoft, AktivKohle plus, AB-17-8ЧС

Для цитирования: Ионообменные смолы для деkontаминации сточных вод угледобывающих предприятий / И.В. Тимошук, А.К. Горелкина, Е.С. Михайлова и др. // Уголь. 2024;(4):57-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-57-62.

Abstract

Currently, the ion exchange method is used to extract a wide range of contaminants in water treatment and wastewater treatment of various industries. A significant variety of sorbent types determines the possibilities of using ion-exchange resins, which differ in structure (gel, porous, intermediate) and properties (ion-exchange capacity, mechanical strength, chemical resistance, etc.). The work presents studies on decontamination of priority pollutants characteristic of wastewater from the coal mining industry (sulfate ions, nitrate ions, iron ions, manganese) using ion exchange resins (AktivKohle plus, AB-17-8ChS, Puresin PC 002k, FeroSoft). According to experimental data, the values

ТИМОЩУК И.В.

Доктор техн. наук, профессор кафедры
техносферной безопасности КемГУ,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: irina_190978@mail.ru

ГОРЕЛКИНА А.К.

Доктор техн. наук, профессор кафедры
техносферной безопасности КемГУ,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: alengora@yandex.ru

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

МИХАЙЛОВА Е.С.

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

ИВАНОВА Л.А.

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

ГОЛУБЕВА Н.С.

Канд. техн. наук, доцент кафедры техноферной безопасности КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: golnadya@yandex.ru

of the dynamic exchange capacity and the total dynamic exchange capacity for all studied ionites are calculated. Recommendations are given for more efficient wastewater treatment.

Keywords

Wastewater, ion exchange resins, Puresin PC 002k, FeroSoft, AktivKohle plus, AB-17-8ChS.

For citation

Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Mikhaylova E.S., Ivanova L.A., Golubeva N.S. Ion exchange resins for decontamination of wastewater from coal mining enterprises. *Ugol'*. 2024;(4)57-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-57-62.

Acknowledgements

The research is conducted as part of the comprehensive scientific and technical program of a complete innovative cycle "Development and implementation of a complex of technologies in the fields of exploration and extraction of minerals, ensuring of industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing of coal raw materials with consecutive amelioration of ecological impact on the environment and risks to human life", approved by the Decree of the Government of the Russian Federation from 11.05.2022 № 1144-r, agreement No. 075-15-2022- 1201 dated 30.09.2022.

ВВЕДЕНИЕ

На территории России сосредоточено 20% общемировых доказанных запасов угля. Согласно данным отчета Международного энергетического агентства, уровень добычи угля в России остается стабильно высоким и составляет около 440 млн т в год. Объемы угледобычи в России за 2021-2022 гг. представлены на рис. 1. Среди крупных компаний, занимающихся разведкой, угледобычей, переработкой и реализацией каменного угля отмечены АО «СУЭК», АО «УК «Кузбассразрезуголь», Элси (в настоящее время представлена двумя самостоятельными угледобывающими компаниями – дальневосточной ООО «Эльгауголь» и сибирская Сибантрацит) и другие [1, 2, 3].

Около 60% всего российского угля добывается в Кузбассе. Кузнецкий угольный бассейн – крупнейшее угольное месторождение планеты с общими запасами каменного угля более 500 млрд т, которое занимает около 30% территории Кемеровской области. Кузбасс часто называют угольным сердцем Российской Федерации. В регионе работают 152 угледобывающих и перерабатывающих предприятия, политика которых направ-

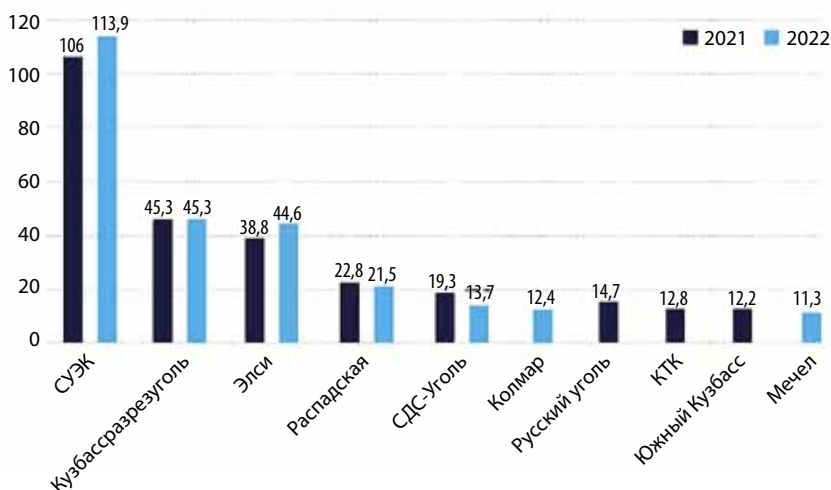


Рис. 1. Объемы добычи угля за 2021-2022 годы, млн т

Fig. 1. Coal production volumes for 2021-2022, million tonnes



лена на рациональное использование природных ресурсов, соблюдение требований природоохранного законодательства и непрерывную работу по минимизации экологической нагрузки на литосферу, гидросферу и атмосферу. Однако процесс добычи и обогащения угля сопровождается техногенной контаминацией гидросферы: возможны нарушение природно-гидрологического режима водотоков, загрязнение их контаминантами минеральной и органической природы [4].

Приоритетными загрязнителями сточных вод угольных предприятий являются взвешенные нерастворимые вещества (суспензии, взвеси, коллоидные растворы и др.), ионы железа, марганца, нитриты, сульфаты, которые формируют в воде различные системы. Большинство угольных разрезов на территории Кемеровской области имеют систему очистки сточных вод, которая соответствует базовой очистке, регламентируемой в НДТ № 15 ИТС-37 – 2017 «Добыча и обогащение угля» [5, 6]. Она включает в себя процесс осаждения взвешенных веществ под действием сил тяжести в прудах-отстойниках и фильтрацию через фильтрующий материал дамб. В качестве загрузки для фильтрующих массивов могут быть использованы материалы природного происхождения (активные угли, цеолиты, кварцевый песок, кварцит и др.) и искусственного происхождения (ионообменные смолы) [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящей работе исследована возможность деконтаминации приоритетных загрязнителей сточных вод угольных предприятий, ведущих угледобычу открытым способом с применением ионообменных смол.

В качестве объектов исследования использовали: многодисперсную катионообменную смолу Puresin (Пюрезин) PC 002, многокомпонентный фильтрующий материал FeroSoft, смесь из угля кокосового ореха и смол AktivKohle plus, анионит АВ-17-8ЧС [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Puresin (Пюрезин) PC 002 – сильнокислотный катионит в Na-форме. В основе структуры смолы лежит сополимер стирола-дивинилбензола, влагосодержание – 45-50%, средний размер гранул – 0,315-1,25 мм.

FeroSoft – комплекс катионообменных, анионообменных и сорбционных материалов, фильтрующие свойства и особенности каждого из которых позволяют фильтру

обеспечить одновременное удаление органики, растворенного и коллоидного железа, а также марганца и солей жесткости. Насыпная масса – 0,808 г/л, размер частиц – 0,315-5 мм, влажность – 40-60%, обменная емкость – 0,95 г-экв/л.

AktivKohle plus – смесь, состоящая из угля кокосового ореха и анионообменных смол с исключительной степенью поглощения, удаляет нитрит-ионы, нитрат-ионы и фосфат-ионы. Сорбент был подвержен предварительной обработке с тем, чтобы не влиять на уровень pH и сохранять смолы во влажной среде в активном состоянии.

Анионит АВ-17-8ЧС – многофункциональная высокоосновная загрузка на основе пищевых полимеров высшей степени очистки (ГОСТ 20301-74). Представляет собой сыпучую массу, состоящую из сферических зерен. Цвет может варьироваться от желтого до темно-коричневого. Структура гелиевая. Матрица стирол-дивинилбензольная, аминированная триметиламином. Размер зерен/гранул – 0,400-1,250 мм.

Целесообразность применения данных ионитов определяется не только емкостью поглощения, но и их способностью к регенерации.

Состав модельной системы: исходный раствор железа с концентрацией 5 мг/л 50 ПДК; исходный раствор марганца – 5 мг/л или 500 ПДК; исходный раствор нитрит-ионов – 40 мг/л или 500 ПДК; исходный раствор сульфат-ионов – 1000 мг/л или 10 ПДК. Модельный раствор пропускали через лабораторную установку, имеющую высоту слоя загрузки – 0,15 м, диаметр – 0,01 м. Скорость подачи раствора в колонку составляла 1 дм³/мин или 2,5 см³/мин. Емкость ионита до проскока – динамическую обменную емкость (ДОЕ) и после выравнивания исходной концентрации в растворе и в элюате – полную динамическую обменную емкость (ПДОЕ) рассчитывали по стандартным формулам [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Методы ионного обмена находят широкое применение в практике водоподготовки и доочистки сточных вод различных отраслей промышленности. С целью извлечения приоритетных загрязняющих веществ из сточных вод угледобывающих предприятий исследована обменная емкость ионитов в динамических условиях на модельных раство-

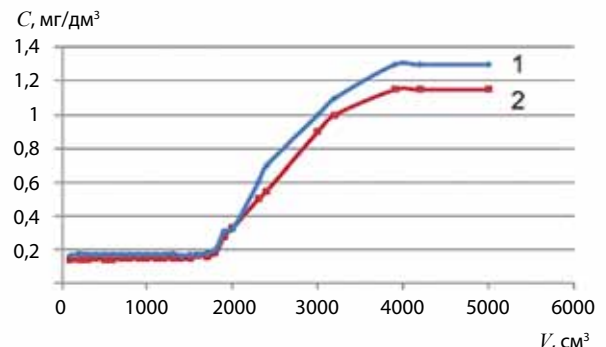
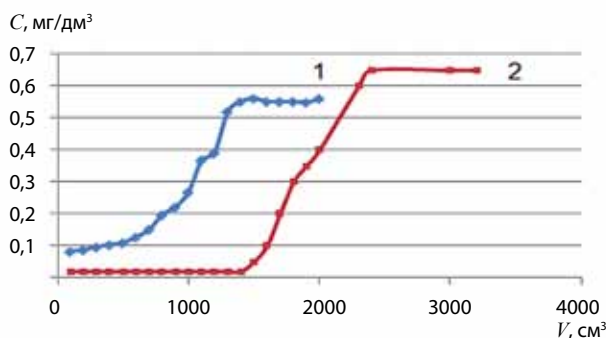


Рис. 2. Элюирование ионов железа (1), марганца (2), поглощенных на катионитах Puresin PC 002к (а), FeroSoft (б)

Fig. 2. Elution of iron (1) and manganese (2) ions absorbed on the Puresin PC 002k (a) and FeroSoft (b) cation-exchange resins

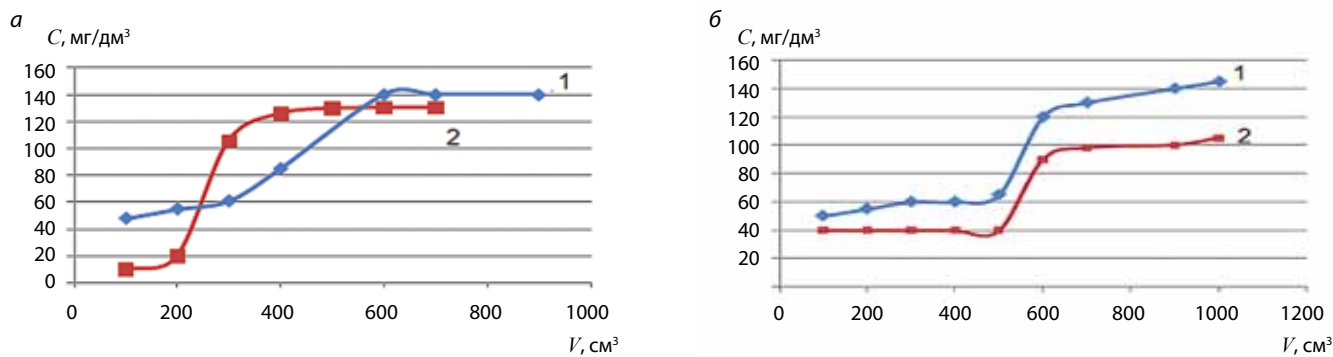


Рис. 3. Элюирование анионов сульфат-ионов (1), нитрат-ионов (2), поглощенных на анионитах AktivKohle plus (а), АВ-17-8ЧС (б)
 Fig. 3. Elution of sulphate ions (1) and nitrate ions (2) absorbed on the AktivKohle plus (a) and AV-17-8ChS (б) anion-exchange resins

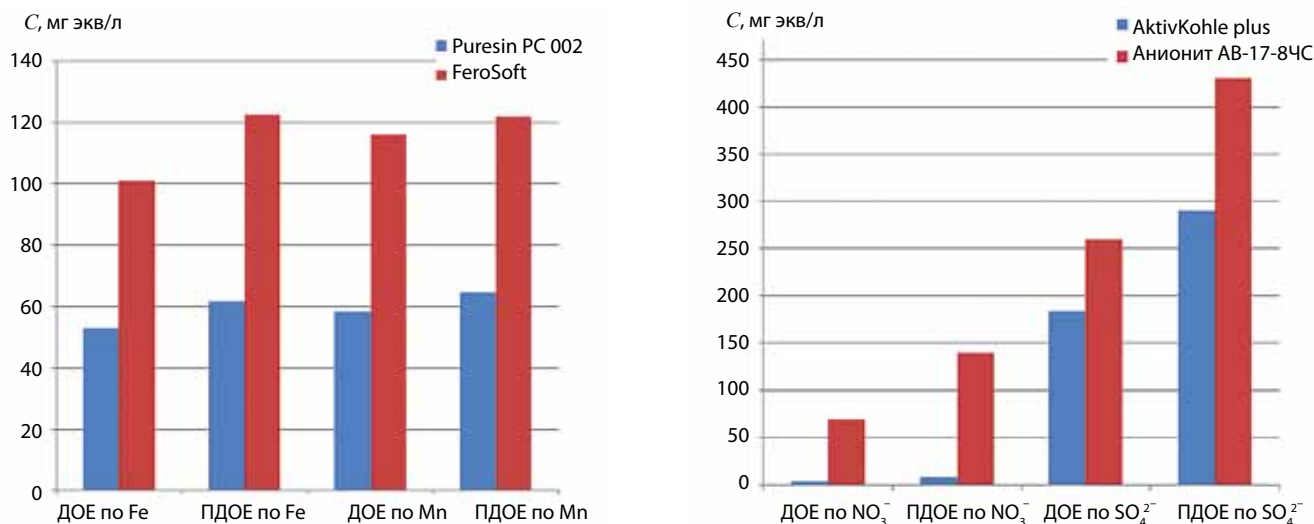


Рис. 4. ДОЕ и ПДОЕ по извлечению ионов Fe^{3+} , Mn , NO_3^- , SO_4^{2-} для исследуемых ионообменных смол
 Fig. 4. Dynamic exchange capacity and full dynamic exchange capacity of Fe^{3+} , Mn , NO_3^- , SO_4^{2-} ions extraction for the investigated ion exchange resins

рах. Построены выходные кривые элюирования ионов железа, марганца, сульфат-ионов, нитрат-ионов на ионитах (рис. 2, 3), определены значения ДОЕ и ПДОЕ для всех исследуемых ионообменных смол (рис. 4).

Анализ результатов проведенных исследований показал, что иониты Puresin PC 002 и FeroSoft достаточно эффективно извлекают катионы железа и марганца из водных растворов, причем адсорбция носит ионообменный характер, полная динамическая емкость катионита марки FeroSoft в два раза выше, чем у Puresin PC 002. Для извлечения анионов рекомендуем использовать анионит марки АВ-17-8ЧС, обладающий наибольшей динамической емкостью. В качестве загрузки для искусственных фильтрующих массивов целесообразно применять одновременно катионообменные и анионообменные смолы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все предприятия Кузбасса по добыче угля, которые ведут добычу угля на верхних горизонтах, имеют сооружения очистки, соответствующие базовой очистке при добыче угля открытым способом НДТ по очистке сточных

вод, предусматривающей для предварительного отстаивания воды обязательное наличие зумпфов или шахтных водосборников; для осветления воды пруды-отстойники и другие сооружения. Для деконтаминации стоков до уровней ПДК при недостаточности обязательных мероприятий рекомендовано процесс очистки дополнять искусственными фильтрующими массивами. Для более эффективной очистки стоков, в качестве сорбционного слоя фильтрующей дамбы, рекомендуем к применению активные угли совместно с ионообменными смолами марок FeroSoft (катионообменник) и АВ-17-8ЧС (анионообменник). Преимуществом применяемых ионообменников является возможность смещать ионообменное равновесие в требуемом направлении вследствие образования малодиссоциированного или труднорастворимого соединения из ионов в процессе ионного обмена, выделяемых катионитами и анионитами в раствор. Таким образом, смешанный слой ионитов подобен бесконечно большому количеству последовательных слоев катионита и анионита. Данные сорбенты можно также рекомендовать к применению на промышленных предприятиях.

Список литературы • References

- К вопросу оценки экологического состояния окружающей среды для достижения устойчивого развития угледобывающих регионов России / О.М. Зиновьева, Л.А. Колесникова, А.М. Меркулова и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15. № 1. С. 35-43. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43. Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M. et al. On the issue of assessing the ecological condition of the environment to achieve sustainable development of coal-mining regions of Russia. *Ustojchivoje razvitie gornyh territorij*, 2023;15(1):35-43. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43.
- Лыщикова Ю.В. Проблемы и перспективы внедрения концепции «Умный регион» в угледобывающих субъектах Российской Федерации // Уголь. 2024. № 1. С. 25-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-25-31. Lyshchikova Yu.V. Problems and prospects of implementation of the "Smart Region" concept in the coal-mining regions of the Russian Federation. *Ugol'*, 2024;(1):25-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-25-31.
- Синергетический подход к решению геоэкологических проблем угледобывающих и углеперерабатывающих субкластеров / А.А. Хорешок, О.И. Литвин, Д.М. Дубинкин и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 82-87. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-82-87. Khoreshok A.A., Litvin O.I., Dubinkin D.M., Markov S.O., Tyulenev M.A. Synergetic approach to solving geo-environmental problems of coal mining and coal processing subclusters. *Ugol'*, 2022;(12):82-87. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-82-87.
- Runtti H, Tolonen E.T, Tuomikoski S, Lassi U, Luukkonen T. How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment – A review of potential methods. *Environmental Research*. 2018;(167):207-222. DOI: 10.1016/j.envres.2018.07.018.
- Актуализация информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям в области добычи и обогащения угля. Система показателей наилучших доступных технологий / И.В. Петров, И.С. Куршов, А.С. Курчакова и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 43-50. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-43-50. Petrov I.V., Kuroshov I.S., Kurchakova A.S., Grigorjev A.V., Shkarupa A.A. Updating of the information and technical reference book on the best available technologies in coal mining and processing. System of indicators for the best available technologies. *Ugol'*, 2024;(1):43-50. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-43-50.
- Очистка сточных вод угледобывающих предприятий / А.К. Горелкина, Е.С. Михайлова, И.В. Тимошук и др. // Уголь. 2023. № S12. С. 63-66. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-S12-63-66. Gorelkina A.K., Mikhaylova E.S., Timoshchuk I.V., Ivanova L.A., Neverov E.N. Example of wastewater treatment of coal mining enterprises. *Ugol'*, 2023;(S12):63-66. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-S12-63-66.
- Звеков А.А., Зыков И.Ю., Дудникова Ю.Н., Михайлова Е.С., Цветков В.Э., Исмагилов З.Р. Исследование сорбции органических соединений углеродными сорбентами из углей Кузбасса // Кокс и химия. 2019. № 6. С. 22-27. Zvekov A.A., Zykov I.Y., Dudnikova Y.N., Mihaylova E.S., Tsvetkov V.E., Ismagilov Z.R. Sorption of organic compounds by carbon sorbents from Kuzbass coals. *Koks i himiya*. 2019;(6):22-27. (In Russ.).
- Синтез и свойства новых ионообменных смол / Ф.Б. Эшкурбон, Х.Х. Тураев, Н.Д. Амонова и др. // *Universum: химия и биология*. 2018. № 5(47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-i-svoystva-novyh-ionoobmennyyh-smol>.
- Эшкурбон Ф., Тураев Х., Амонова Н. et al. Synthesis and properties of ion exchange resins. *Universum: himiya i biologiya*, 2018;(5). (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-i-svoystva-novyh-ionoobmennyyh-smol>.
- Просяков А.Ю., Тимошук И.В., Горелкина А.К. К вопросу об использовании отходов от водообессоливающих ионообменных установок электростанций // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 127-132. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-4-127-132. Prosekov A.Yu., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K. On the issue of the use of waste from water desalting ion exchange units of power plants. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2021;(4):127-132. (In Russ.). DOI: 10.25750/1995-4301-2021-4-127-132.
- Baiyan Li, Yiming Zhang, Dingxuan Ma, Zhenyu Xing, Tianliang Ma, Zhan Shi, Xiulei Ji, Shengqian Ma. Creation of a New Type of Ion Exchange Materials for Rapid, High-Capacity, Reversible and Selective Ion Exchange without Swelling and Entrainment. *Chemical Science*. 2016 Mar 1;7(3):2138-2144. DOI: 10.1039/c5sc04507j.
- Timoshchuk I.V. Technology of afterpurification of drinking water from organic contaminants in production of foodstuff. *Foods and Raw Materials*. 2016;4(1):61-69. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-1-61-69.
- Eremeeva N.B. Nanoparticles of metals and their compounds in films and coatings: A review. *Foods and Raw Materials*. 2024;12(1):60-79. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-1-588>.
- Алламуратов К.К. Ионообменная очистка станет на страже чистоты гидросферы и атмосферы нашей планеты // Экономика и социум. 2017;6-1(37):74-77. Allamuratov K.K. Ion chenging clear will become on guard of the purity gidrosfere and atmosphere of our planet. *Ekonomika i sotsium* 2017;(6-1):74-77. (In Russ.).
- Ivanov V.A., Kargov S.I., Gavlina O.T. Selective ion-exchange sorbents for caesium extraction from alkaline radioactive solutions. Review. *Condensed. Matter and Interphases*. 2022;24(3):287-299. <https://doi.org/10.17308/kcmf.2022.24/9850>.
- Лин Маунг Маунг, Шитова В.О., Каграманов Г.Г. Очистка сточных вод от тяжелых металлов методом ионного обмена // Успехи в химии и химической технологии. 2016. Т. XXX. № 2. С. 109-110. Lin Maung Maung, Shitova V.O., Kagramanov G.G. Wastewater treatment from heavy metals by ion exchange method. *Uspekhi v himii i himicheskoy tehnologii*. 2016;XXX(2):109-110. (In Russ.).
- Нойман Ш. Применение ионообменных смол для водоподготовки и очистки сточных вод промышленных предприятий // Вода: химия и экология. 2011. № 5(35). С. 40-45. Neumann Sh. Application of ion exchange resins in waste water treatment. *Voda. Himiya i ekologiya*. 2011;(35):40-45. (In Russ.).
- Francisco Macias, Rafael P. Lopez, Manuel A. Caraballo, Carlos R. Canovas, Jose Miguel Nieto. Management strategies and valorization for waste sludge from active treatment of extremely metal-polluted acid mine drainage: A contribution for sustainable mining. *Journal of Cleaner Production*. 2017;(141):1057-1066. DOI:10.1016/j.jclepro.2016.09.181.
- Лин Маунг Маунг, Фарносова Е.Н., Каграманов Г.Г. Очистка сточных вод от тяжелых металлов методами нанофильтрации и ионного обмена // Химическая промышленность сегодня. 2017. № 8. С. 30-35. Lin Maung Maung, Farnosova E.N., Kagramanov G.G. Heavy metals containing wastewater purification by nanofiltration and ion exchange methods. *Himicheskaya promyshlennost' segodnya*. 2017;(8):30-35. (In Russ.).

19. Селицкий Г.А., Галкин Ю.А. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов методом натрий-катионирования // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2008. № 5(5). С. 27-31. Selitsky G.A., Galkin Yu.A. Purification of wastewater from heavy metal ions by sodium cationization. *Vodoochistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie*, 2008;(5):27-31. (In Russ.).
20. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Киев: Наук. Думка, 1983. 240 с.

Authors Information

Timoshchuk I.V. – Doctor of Engineering Sciences, Professor of Department of Technosphere safety, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: irina_190978@mail.ru

Gorelkina A.K. – Doctor of Engineering Sciences, Professor of Department of Technosphere safety, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: alengora@yandex.ru

Mikhaylova E.S. – PhD (Chemistry), Head of the Department for the Implementation of a CSTP, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: e_s_mihaylova@mail.ru

Ivanova L.A. – PhD. (Engineering), Associate Professor of Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: lyuda_ivan@mail.ru

Golubeva N.S. – PhD. (Engineering), Associate Professor of Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: golnadya@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 25, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

Серебро завоевала команда компании «Приморскуголь» в краевом фестивале ГТО

Угольщики Приморья заняли второе место среди трудовых коллективов на фестивале «Готов к труду и обороне». В личном первенстве горняки также праздновали триумф: половина команды – 4 из 8 человек заняли первые и вторые места.

Краевой праздник спорта завершился 21 марта в столице Дальнего Востока – городе Владивостоке. Два полных дня команды от предприятий Приморья и муниципальные служащие выявляли сильнейших в обще-



командном зачете и личном первенстве. Спортивный марафон включал в себя испытания на выносливость, силу и меткость: бег на длинную дистанцию, упражнения на пресс, гибкость, отжимание, подтягивание, стрельбу и плавание.

Горняки «Приморскугля» впервые принимали участие в фестивале ГТО и с первого дня взвинтили темп борьбы за медали, заняв в итоге второе место среди шести команд от приморских предприятий. В личном первенстве

в своих возрастных категориях вторые места заняли работники разрезуправления «Новошахтинское» – начальник производства Иннокентий Шестаков, заместитель главного энергетика Сергей Тимошкин и геолог Денис Шип, а триумфатором в своей возрастной категории стала дежурная по железнодорожной станции Валентина Пороткина.

Руководство ООО «Приморскуголь» уделяет серьезное внимание развитию физкультуры и спорта среди трудовых коллективов угольщиков. Так, на предприятии на регулярной основе проводятся олимпиады и спартакиады, выявляются и поощряются сильнейшие в личных первенствах, сотрудники принимают участие в краевых и общероссийских спортивных соревнованиях.



УДК 658.32.2:622.85 © В.Б. Артемьев¹, Ю.Ф. Руденко¹, С.Е. Левин²,
О.В. Курпатов², М.Ю. Сенаторов², 2024

UDC 658.32.2:622.85 © V.B. Artemiev¹, Yu.F. Rudenko¹, S.E. Levin²,
O.V. Kurpatov², M.Yu. Senatorov², 2024

¹ АО «МХК «ЕвроХим», 115054, г. Москва, Россия

² ООО «Динамические Системы», 105005, г. Москва, Россия

✉ e-mail: levin@dynasystems.ru

¹ EuroChem Group, Moscow, 115054, Russian Federation

² Dynamic Systems LLC, Moscow, 105005, Russian Federation

✉ e-mail: levin@dynasystems.ru

Комплексный мониторинг состояния производственных процессов, промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов

Часть 1. Экологические риски в промышленности.
Подходы к минимизации рисков

**Integrated monitoring of the state of production processes,
industrial and environmental safety of hazardous production facilities**

Part 1. Environmental risks in industry. Ways of risk minimization

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-63-69>

Данная статья является первой в серии публикаций по теме отечественных цифровых продуктов и технологий в области комплексного мониторинга промышленной и экологической безопасности, оптимизации и управления производственными процессами опасных производственных объектов. В ней описываются основные угрозы экологической безопасности, связанные с деятельностью промышленных предприятий, факторы экологических рисков в различных отраслях промышленности и подходы к минимизации этих рисков.

Описанные в статье подходы, технологии, продукты внедрены и используются на ведущих отечественных промышленных предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, для решения как задач риск-ориентированного контроля промышленной безопасности и экологии, так и управления и оптимизации производственных процессов.

Ключевые слова: промышленная безопасность, экологическая безопасность, комплексный мониторинг и управление производственными процессами, риск-ориентированный подход, экологические риски, риски промышленной безопасности.

Для цитирования: Комплексный мониторинг состояния производственных процессов, промышленной и экологической безопасности опасных произ-

АРТЕМЬЕВ В.Б.

Доктор техн. наук, АО «МХК «ЕвроХим»,
115054, г. Москва, Россия,
e-mail: artemevVB@eurochem.ru

РУДЕНКО Ю.Ф.

Канд. техн. наук, АО «МХК «ЕвроХим»,
115054, г. Москва, Россия,
e-mail: rudenkouf@suek.ru

ЛЕВИН С.Е.

Доктор физ.-мат. наук,
ООО «Динамические Системы»,
105005, г. Москва, Россия,
e-mail: levin@dynasystems.ru

КУРПАТОВ О.В.

Доктор техн. наук,
ООО «Динамические Системы»,
105005, г. Москва, Россия,
e-mail: oleg.kurpatov@dynasystems.ru

СЕНАТОВ М.Ю.

Доктор техн. наук, профессор,
ООО «Динамические Системы»,
105005, г. Москва, Россия

водственных объектов. Часть 1. Экологические риски в промышленности. Подходы к минимизации рисков / В.Б. Артемьев, Ю.Ф. Руденко, С.Е. Левин и др. // Уголь. 2024;(4):63-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-63-69.

Abstract

This article opens a series of publications dedicated to the Russian digital products and technologies in integrated monitoring of industrial and environmental safety, optimisation and management of production processes at hazardous industrial facilities. It describes the main threats to environmental safety associated with the activities of industrial enterprises, environmental risk factors in various industries and ways to minimize these risks. The approaches, technologies, and products described in the article have been implemented and are used at leading Russian industrial enterprises that operate hazardous production facilities to solve both the tasks of risk-oriented control of industrial safety and ecology, and challenges in management and optimization of production processes.

Keywords

Industrial safety, Environmental safety, Integrated monitoring and management of production processes, Risk-oriented approach, Environmental risks, Industrial safety risks.

For citation

Artemiev V.B., Rudenko Yu.F., Levin S.E., Kurpatov O.V., Senatorov M.Yu. Integrated monitoring of the state of production processes, industrial and environmental safety of hazardous production facilities. Part 1. Environmental risks in industry. Ways of risk minimization. *Ugol'*. 2024;(4):63-69. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-63-69.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия нефтегазового комплекса, угольной промышленности, металлургии, химии и удобрений являются источником негативного воздействия на окружающую среду. Это обусловлено использованием в технологических процессах и выработкой в качестве продуктов производства больших объемов токсичных и горючих веществ, проведением горных и взрывных работ, приводящих к истощению и загрязнению подземных и поверхностных вод, выбросам вредных веществ в атмосферу.

Согласно Указам Президента РФ от 02.07.2021 № 400 и от 19.04.2017 № 176 [1, 2] экологическая безопасность является составной частью национальной безопасности и входит в состав стратегических национальных приоритетов Российской Федерации, на которых должны быть сконцентрированы усилия и ресурсы органов власти и организаций гражданского общества.

Окружающая среда в городах и на прилегающих к ним территориях, где проживает 74% населения страны, подвергается существенному негативному воздействию, источниками которого являются объекты промышленности, энергетики и транспорта, а также объекты капитального строительства. В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха проживают 17,1 млн чел., что составляет 17% городского населения страны [2].

Наибольшее концентрированное негативное влияние на здоровье человека и окружающую среду оказывают аварии на опасных производственных объектах вследствие выброса хранящихся на объектах или используемых в производственном процессе опасных веществ, загрязнения воздуха, почвы и поверхностных вод.

В соответствии с Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» ст. 67 [3] на данных объектах в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды должен осуществляться производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль).

Для обеспечения экологической безопасности промышленных объектов необходимо контролировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросы в окружающую среду, а также их источники. Но для обеспечения экологической безопасности явно недостаточно только выявления фактов за-

грязнения окружающей среды в результате производственной деятельности промышленных предприятий. Необходимо активные предупредительные действия по выявлению предпосылок возникновения аварий и других критических ситуаций, приводящих к негативному воздействию на окружающую среду.

Решить данную задачу предлагается путем реализации на промышленных объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, системы дистанционного риск-ориентированного комплексного мониторинга производственных процессов, состояния промышленной и экологической безопасности (СКМ ПЭБ, или Системы) для последующего принятия превентивных мер по предотвращению загрязнения окружающей среды.

Данная система реализована на отечественной программной платформе PhoenixDS разработки ООО «Динамические системы» и основана на принципах и методологии, описанных в работах авторов [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Она внедрена и используется на ведущих предприятиях нефтегазового комплекса, угольной промышленности, химии и удобрений, металлургии прежде всего как система дистанционного контроля промышленной безопасности опасных производственных объектов (СДК ПБ). Учитывая, что наибольший синергетический эффект при использовании Системы достигается за счет риск-ориентированного комплексного контроля и анализа производственных процессов, состояния объектов мониторинга, персонала и производственной среды, промышленной и экологической безопасности, в данной статье используется более корректное наименование – СКМ ПЭБ.

Архитектуру, принципы построения, опыт реализации и эффекты по результатам эксплуатации СКМ ПЭБ предполагается описать в следующей статье серии публикаций по данной тематике.

УГРОЗЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ИХ ИСТОЧНИКИ

Основные вызовы и угрозы экологической безопасности определены в Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. [2].

Экологические угрозы безопасности включают:

- изменение состава атмосферы и последствия;
- загрязнение природных пресных вод, океанов прибрежных акваторий;
- уничтожение лесов и опустынивание;
- эрозию почв и изменение плодородия земель;
- риск, связанный с биотехнологией;
- опасные выбросы загрязнений;
- производство, перевозку и применение токсичных химических веществ и материалов.

За 2021 г. в России было нарушено 195,2 тыс. га земли – негативному индустриальному воздействию подверглось на четверть больше земель, чем годом ранее, подсчитала аналитическая служба аудиторско-консалтинговой сети FinExpertiza на основании данных Росприроднадзора [11]. При этом работы по восстановлению почв также интенсифицировались: было рекультивировано на 30,9% больше площадей, чем в 2020 г. – всего 139,8 тыс. га, и это рекордно высокое значение за весь период наблюдения. Однако об-

щая площадь рекультивированных земель составила только 71,6% от нарушенных.

Антилидерами по техногенному ущербу земле в 2021 г. стали Забайкальский край (за год пришло в негодность 42,6 тыс. га), Ханты-Мансийский автономный округ (27,6 тыс. га), Ямало-Ненецкий автономный округ (14,4 тыс. га), Якутия (12,6 тыс. га), Красноярский край (9,2 тыс. га), Иркутская область (8,5 тыс. га), Магаданская область (6,8 тыс. га), Кировская область (6 тыс. га), Амурская область (5,4 тыс. га) и Кемеровская область (5,2 тыс. га). Большая часть земель была нарушена в связи с разработкой месторождений полезных ископаемых.

По данным аэрокосмических съемок, ареалы загрязняющих веществ непосредственно вокруг промышленных комплексов России охватывают территорию в 18 млн га [2].

В долгосрочной перспективе одним из основных видов угроз экологической безопасности являются угрозы, обусловленные характером ведения хозяйственной и иной деятельности на территории Российской Федерации:

- высокая степень загрязнения и низкое качество воды значительной части водных объектов, деградация экосистем малых рек вследствие техногенного загрязнения подземных вод в районах размещения крупных промышленных предприятий;
- высокая степень износа основных фондов опасных производственных объектов и низкие темпы технологической модернизации экономики;
- низкий уровень разработки и внедрения экологически чистых технологий.

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются предприятия угольной, нефтегазовой, металлургической, химической промышленности, энергетики.

Информация об объемах выброса вредных веществ по статистике Росприроднадзора за 2021 г. приведена на *рисунке*.

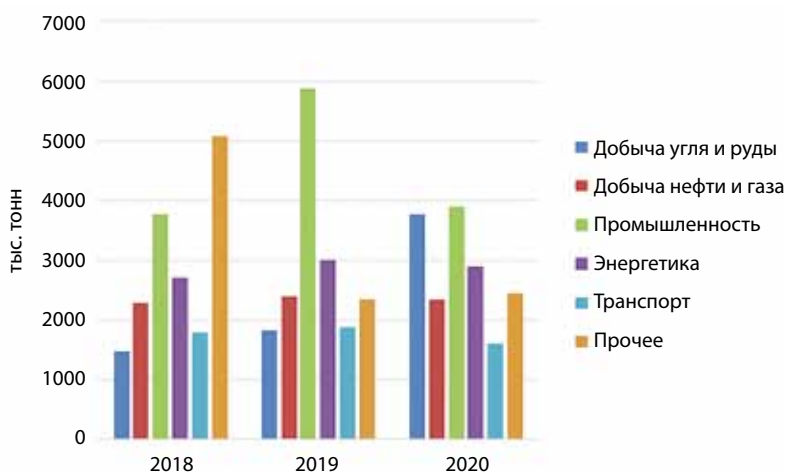
ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Угольные предприятия создают самое масштабное техногенное загрязнение окружающей среды. В результате горных и взрывных работ появляются изменения в земной коре, истощение и загрязнение подземных и поверхностных вод, происходит выброс твердых веществ в атмосферу – около 17% от общего количества загрязняющих веществ. Негативное воздействие на окружающую среду оказывается на каждом из этапов жизненного цикла горнодобывающей отрасли.

При этом в зависимости от этапа жизненного цикла будут различны не только виды и интенсивность негативного воздействия, но и последствия от вмешательства техногенного процесса в естественную среду обитания. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в угольной промышленности являются отвалы пустой породы, транспортировка и хранение угля, буровзрывная техника, выбросы через вентиляционные стволы шахт метана в результате процесса дегазации и проветривания.

На предприятиях угольной отрасли выделяются следующие факторы экологического риска:

- загрязняющие вещества, их объем и степень опасности;
- технология производства;



Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, по данным Росприроднадзора
Emissions of air pollutants based on data by the Federal Service for Supervision of the Use of Natural Resources

- уровень подготовки персонала;
- степень износа природоохранного оборудования;
- наличие в пределах территории предприятия населения;
- виды, частота и сила природных катастроф в пределах территории предприятия.

Источниками вредного воздействия основных факторов экологического риска являются [12, 13]:

Загрязняющие вещества, их объем и степень опасности:

- выбросы в атмосферу метана, оксида углерода. Также они могут содержать различные вредные вещества, такие как оксиды азота, серы и другие токсичные вещества. В результате выбросов в атмосферу может происходить загрязнение воздуха на окружающей территории, что может негативно сказываться на здоровье людей и животных;
- сбросы воды, образующейся в процессе производства и переработки угля. Эта вода может содержать различные вредные вещества, такие как тяжелые металлы, нефтепродукты и другие токсичные соединения. В результате сбросов воды может происходить загрязнение водных ресур-

сов, что также может негативно сказываться на экологической ситуации в регионе.

Технология производства: несоблюдение и нарушение технологии могут привести к таким последствиям, как: изменение ландшафтов; оседание земной поверхности, нарушение почвенного покрова, в связи с этим развиваются эрозии; подземные пожары; загромождения в отвалах; оползни неустойчивых откосов; отторжение земельных участков, задействованных для хранения твердых отходов в результате добычи, обогащения и использования угля.

Уровень подготовки персонала: кадровые риски связаны не только с недостатком высококвалифицированных кадров угледобывающей отрасли, но и с недостатком знаний современных технологий, с низким уровнем компетенции в экономике и менеджменте. Повышение квалификации кадров угледобывающей отрасли является необходимым условием ее успешной работы.

Степень износа природоохранного оборудования: износ оборудования может привести к утечке опасных веществ в окружающую среду, что может привести к загрязнению водных и почвенных ресурсов, а также к повреждению здоровья людей и животных.

Наличие в пределах территории предприятия населения:

- население может подвергаться воздействию различных опасных веществ, выбрасываемых в атмосферу, водные и почвенные ресурсы могут быть загрязнены в процессе добычи и переработки угля,
- возможность попадания людей в зону оседания земной поверхности, что может привести к несчастному случаю.

Основные источники вредного воздействия факторов экологического риска [13, 14] сведены в табл. 1.

Потенциальные последствия для окружающей среды и здоровья людей в результате вредного воздействия предприятий угольной отрасли следующие:

Таблица 1

Источники вредного воздействия факторов экологического риска

Sources of harmful impact of environmental risk factors

Открытые горные работы	Подземные горные работы	Обогатительные фабрики
Выбросы		
ДВС карьерной техники: – оксиды азота и углерода. Взрывные работы: – сера, азот, свинец, кадмий. Пожар: оксид углерода, азот, сера.	Добыча угля: метан. Пожар, взрыв: оксид углерода, азот, сера.	Технологический процесс (дробление, сушка, и т.п.): – угольная кислота, породная пыль, сернистый ангидрит, оксиды углерода, азота, сероводорода и тяжелые металлы. Пожар (угольные склады): – оксид углерода, азот, сера.
Сбросы		
Сточные воды: мелкодисперсные частицы, минерализация (различные соли с высокой концентрацией)	Воды, проходящие через водоотливные шахты: мелкодисперсные частицы, минерализация (различные соли с высокой концентрацией).	Возможность попадания в природные водоемы вод вследствие случайного прорыва дамб хвостохранилищ или постоянной фильтрации вод через дамбы: мелкодисперсные частицы, минерализация (различные соли с высокой концентрацией), флокулянты, ПАВ, флотационные реагенты.

Открытые горные работы	Подземные горные работы	Обогатительные фабрики
Отходы		
Изменение ландшафта, уничтожение леса, с/х угодий и т.п.	Оседание земной поверхности, снижение уровня грунтовых вод.	Деградация почв, нарушение баланса бактериальной флоры.
Кадры		
Низкий уровень знаний ведет к несоблюдению технологии ведения работ, несоблюдению требований промышленной безопасности. Невыполнение действий, предусмотренных для исключения или уменьшения риска различных событий.		
Природоохранное оборудование		
Использование оборудования, не отвечающего современным требованиям, может привести к утечке опасных веществ в окружающую среду.		
Население		
Население может подвергаться воздействию веществ, выбрасываемых в атмосферу. Территория проживания может быть загрязнена в процессе добычи.	Население может подвергаться воздействию веществ, выбрасываемых в атмосферу. Территория проживания может быть загрязнена в процессе добычи. Не исключается возможность попадания людей в зону оседания земной поверхности, что может привести к несчастному случаю.	Население может подвергаться воздействию веществ, выбрасываемых в атмосферу. Территория проживания может быть загрязнена в процессе переработки угля.

– загрязнение водных ресурсов, повреждение почвы, уничтожение природных экосистем и сокращение биоразнообразия. Снижение качества воздуха;

– попадание в организм человека вредных веществ, которые могут вызвать заболевания и привести к серьезным последствиям для здоровья. Профессиональные заболевания.

Вероятность реализации риска негативного воздействия на окружающую среду зависит от многих факторов, основные из которых следующие: техническое состояние оборудования; уровень квалификации персонала; эффективность систем управления производством и рисками промышленной и экологической безопасности; используемые технологии добычи; эффективность систем очистки и другие.

ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Основная доля продукции химического комплекса относится к отрасли минеральных удобрений. Отрасль включает производство всех видов агрохимического сырья (апатитовый концентрат, хлористый калий, брусит) и полного ассортимента минеральных удобрений (азотных, калийных, сложных и комплексных удобрений), азотных соединений.

Предприятия по производству минеральных удобрений относятся к опасным производственным объектам в соответствии с положениями Федерального закона 116-ФЗ, поскольку на них обращаются опасные вещества, в частности серная, фосфорная, кремнефтористоводородная кислота, щелочи, аммиачная селитра, аммиак, нитрат аммония и др.

К факторам негативного воздействия на окружающую среду при производстве аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот относятся: выбросы в атмосферу; сточные воды; крупнотоннажные побочные продукты; прочие факторы негативного воздействия.

Источники общей опасности [15] – обращение и хранение аммиака, каустической соды, азотной, серной, фосфорной кислоты и органических соединений, а также горючих газов, таких как природный газ, водород и др. Их влияние может быть связано с существенным острым воздействием на

персонал и, возможно, на местное население, в зависимости от количества и типа выброшенных при аварии химических веществ, а также условий для возникновения реакции или катастрофического события, включая пожар и взрыв.

Предприятия химической отрасли могут выделять и (или) перерабатывать большие количества горючих газов, таких как природный газ, водород, оксид углерода. Синтез-газ, содержащий водород, образующийся на установках по производству аммиака, может вызывать струйное горение или приводить к взрыву облака газовой смеси.

Вероятность реализации рисков аварии и негативного воздействия на окружающую среду зависит от многих факторов, основные из которых следующие [15]: ведение технологических процессов в соответствии с установленными нормами технологического режима; работоспособность барьеров промышленной безопасности; уровень технологической дисциплины; техническое состояние оборудования; уровень квалификации персонала; эффективность систем управления производством; наличие и эффективность систем онлайн-контроля и управления рисками промышленной и экологической безопасности; эффективность систем очистки и другие.

ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

В нефтегазовый комплекс входят предприятия по добыче, транспортировке и переработке нефти и газа. Рассмотрим факторы экологического риска для предприятий нефтепереработки и нефтехимии.

К основным факторам негативного воздействия на окружающую среду относятся выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы сточных вод. Отходами производства крупных нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий являются нефтешламы, золошлаки, шлаки химводоочистки [16].

Вещества, загрязняющие атмосферу: оксиды азота, серы и углерода, технический углерод, углеводороды, сероводород. Наибольшую опасность представляют неконтролируе-

мые выбросы вредных веществ, образующиеся при возникновении аварий на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии.

Факторами, способствующими возникновению и развитию аварий, являются [16]:

- наличие на объекте большого количества горючих жидкостей, токсичных веществ, горючих газов создает опасность выброса большого количества опасного вещества при аварийной разгерметизации емкостей и трубопроводов;

- проведение процессов нефтепереработки при высоком давлении и высокой температуре создает большую опасность разгерметизации емкостей, трубопроводов и насосов;

- высокая пожаровзрывоопасность используемых и хранящихся продуктов создает дополнительную опасность возгорания;

- хранение под давлением сжиженных углеводородных газов и аммиака, имеющих низкую температуру кипения создает большую опасность разгерметизации емкостей, трубопроводов и насосов.

Причинами аварий на предприятиях нефтегазового комплекса, как правило, являются:

- нарушения норм технологического режима, неисправность либо отключение систем противоаварийной защиты и сигнализации;

- разгерметизация емкостей, трубопроводов, арматуры и разъемных соединений, разгерметизация резервуаров из-за дефектов изготовления, переполнения, механических повреждений, внешней коррозии;

- неисправность оборудования, разрушение подшипников, движущихся частей насосов, компрессоров и электродвигателей вследствие нарушений условий эксплуатации данного оборудования;

- прекращение подачи электроэнергии на технологические установки (приводит к остановке насосов, вентиляторов, электродвигателей аппаратов воздушного охлаждения, контрольно-измерительных приборов).

ПОДХОДЫ К МИНИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Использование современных информационных технологий, достижений науки и их практическую реализацию в области математического моделирования, аналитики, искусственного интеллекта, автоматизации технологических производственных процессов, их оптимизации и управления можно рассматривать как важный ресурс в решении экологических проблем. В дополнение к механизмам работы с большими данными и предиктивной аналитике внедрение современных интеллектуальных систем контроля состояния ПЭВ позволяет минимизировать роль «человеческого фактора» и использовать объективную информацию, поступающую в режиме реального времени, для управления и минимизации экологических рисков (табл. 2).

Одним из основных источников угроз экологической безопасности являются крупные промышленные предприятия, являющиеся объектами, оказывающими негативное воздействие на окружающую среду. На данных объектах в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды должен осуществляться производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль) [3].

В соответствии со ст. 63.1. Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ [3] в целях обеспечения охраны окружающей среды создается единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды). Задачами данной системы в т.ч. являются регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, хранение, обработка информации о состоянии окружающей среды; выявление изменений состояния окружающей среды, оценка и прогноз этих изменений; обе-

Таблица 2

Система экологической безопасности

Environmental safety system

Комплексная экологическая оценка территорий					
Экологически опасные факторы	Оценка источников воздействия		Анализ состояния объектов природной среды		Оценка состояния здоровья населения
Приоритетные направления обеспечения экологической безопасности					
Обеспечение экологической безопасности деятельности и развития (ОПО, шахты, заводы ...)	Регулирование рационального природопользования		Защита здоровья населения		Предупреждение и ликвидация аварий и ЧС
Средства обеспечения и реализации экологической безопасности					
Нормативно-правовые	Организационно-управленческие, информационные	Научно-технические	Финансово-экономические	Образовательно-просветительские	Социально-экономические
Разработка и реализация стандартов экологической безопасности		Разработка и реализация стандартов экологической безопасности предприятий		Разработка и реализация стратегических программ и проектов экологической безопасности развития региона	
Экологический мониторинг источников воздействия на окружающую среду		Комплексный мониторинг состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов		Анализ и оценка результатов по ключевым показателям (индикаторам)	

спечение органов государственной власти и местного самоуправления соответствующей информацией.

Системы экологического мониторинга, позволяющие контролировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросы в окружающую среду, создаются также на промышленных предприятиях, являющихся источниками негативного воздействия на окружающую среду, в целях контроля состояния экологической безопасности промышленных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявление только фактов загрязнения окружающей среды в результате производственной деятельности промышленных предприятий является явно недостаточным для обеспечения экологической безопасности. Необходимы активные предупредительные действия по выявлению предпосылок возникновения ситуаций, приводящих к техногенным авариям, сопровождающимся взрывами, выбросами токсичных веществ и, как следствие, негативным воздействием на окружающую среду, жизнь и здоровье людей.

Данная задача решается путем реализации на опасных промышленных объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, системы дистанционного риск-ориентированного комплексного мониторинга производственных процессов, промышленной и экологической безопасности – СКМ ПЭБ.

СКМ ПЭБ реализует механизмы активного управления и минимизации экологических рисков и рисков промышленной безопасности. Она может являться источником объективной оперативной информации в системе государственного мониторинга как промышленной безопасности, так и состояния, и загрязнения окружающей среды, атмосферного воздуха, водных объектов, континентального шельфа Российской Федерации и уникальной экологической системы озера Байкал.

Список литературы • References

1. Указ Президента Российской Федерации РФ от 02.07.2021 № 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
2. Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».
3. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
4. Сенаторов М.Ю., Левин С.Е., Нагибин С.Я. Интеллектуальный мониторинг, обобщенный контроль и безопасность критических инфраструктурных систем. М.: Аякс Пресс, 2019. 201 с.
5. Метод расчета интервальной оценки стоимости аварии в пирамиде промышленной безопасности предприятия / С.Е. Левин, Л.М. Богданова, М.Ю. Сенаторов и др. // Автоматизация в промышленности. 2022. № 10. С. 3-11.
Levin S.E., Bogdanova L.M., Senatorov M.Yu., Naghibin S.Ya., Kurpatov O.V. Interval estimation of disaster cost in the safety pyramid of industrial site. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. 2022;(10):3-11. (In Russ.).
6. Методика оценки стоимости событий промышленной безопасности / С.Е. Левин, Л.М. Богданова, М.Ю. Сенаторов и др. // Автоматизация в промышленности. 2022. № 12. С. 7-12.

- Levin S.E., Bogdanova L.M., Senatorov M.Yu., Naghibin S.Ya., Kurpatov O.V. Procedure for estimating the cost of industrial safety events. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. 2022;(12):7-12. (In Russ.).
7. Artemyev V., Kostogryzov A., Rudenko J., Kurpatov O., Nistratov G., Nistratov A. Probabilistic methods of estimating the mean residual time before the next parameters abnormalities for monitored critical systems. Proceedings of the 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICRS-2017), Milan, Italy, pp. 368-373.
 8. Artemyev V., Kostogryzov A., Kurpatov O., Levin S., Nistratov A., Rudenko J. "Smart" industrial safety remote monitoring systems: ideas, methods, practical technologies, implementations, effects. International Conference Actual Problems of System and Software Engineering, APSSE-2021, Moscow, November 16, 2021.
 9. Вероятностный анализ качества функционирования систем дистанционного контроля промышленной безопасности / С.А. Жулина, А.И. Костогрызов, Т.А. Кузнецова и др. // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2017. № 6. С.11-19.
Zhulina S.A., Kostogryzov A.I., Kuznetsova T.A., Kurpatov O.V., Nistratov A.A., Nistratov G.A. Probabilistic analysis of operational quality of remote monitoring systems that provide industrial safety. *Avtomatizatsiya, telemehanizatsiya i svyaz' v nefyanoj promyshlennosti*. 2017;(6):11-19. (In Russ.).
 10. Zhulina S., Kuznetsova T., Kostogryzov A., Kurpatov O., Nistratov A., Nistratov G. The probabilistic analysis of the remote monitoring systems of critical infrastructure safety. *Journal of Polish Safety and Reliability Association. Summer Safety and Reliability Seminars*. 2017;(7):1-2.
 11. Российская промышленность на четверть увеличила негативное воздействие на почву. FinExpertiza, Исследования, 2 августа 2022 г.
 12. Наседкин С.Ю. Управление экологическим риском деятельности промышленных предприятий (на примере угольной отрасли Кемеровской области): автореф. дис. ... канд. техн. наук. 08.00.05. Наседкин Сергей Юрьевич. Кемерово, 2004. 24 с.
 13. Н.М. Проскуряков. Экология горного производства / Г.Г. Мирзаев, Б.А. Иванов, В.М. Щербаков и др. М.: Недра, 1991.
 14. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности. Пермь: ОАО «НИИ экологии ТЭК», 2014.

Authors Information

Artemiev V.B. – Doctor of Engineering Sciences, e-mail: artemievVB@eurochem.ru

Rudenko Yu.F. – PhD (Engineering), e-mail: rudenkoUF@suek.ru

Levin S.E. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, e-mail: levin@dynamicsystems.ru

Kurpatov O.V. – Doctor of Engineering Sciences, e-mail: oleg.kurpatov@dynamicsystems.ru

Senatorov M.Yu. – Doctor of Engineering Sciences, Professor

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 20, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

¹ Самарский государственный экономический университет,
443090, г. Самара, Россия

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

² Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, 634050, г. Томск, Россия

² National Research Tomsk Polytechnic University,
Tomsk, 634050, Russian Federation

✉ e-mail: pisakina83@yandex.ru

✉ e-mail: pisakina83@yandex.ru

К вопросу существования абсолютной горной ренты

Часть 1*

On the issue of the absolute mining rent

Part 1

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-70-73>

КУЗЬМИНА О.Ю.

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

КОНОВАЛОВА М.Е.

Доктор экон. наук,
заведующий кафедрой
экономической теории
Самарского государственного
экономического университета,
443090, г. Самара, Россия,
e-mail: mkonoval@mail.ru

ЖИРОНКИН С.А.

Доктор экон. наук,
профессор Бизнес-школы
Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
634050, г. Томск, Россия,
e-mail: zhironkin@tpu.ru

Вопросы эффективного недропользования стоят на повестке дня уже в течение нескольких десятилетий. Успешное их решение во многом определяется верным пониманием природы рентных отношений, возникающих в процессе использования национальных богатств. В статье особое внимание уделяется механизму формирования стоимости продукции горнодобывающих предприятий. В частности, ставится вопрос о существовании абсолютной горной ренты и ее влиянии на цены. Рассмотрены различные точки зрения представителей классической политической экономии на проблему бытия данного вида рентного дохода.

Ключевые слова: рента, горная рента, абсолютная рента, стоимость, ложная социальная стоимость, недропользование.

Для цитирования: Кузьмина О.Ю., Коновалова М.Е., Жиронкин С.А. К вопросу существования абсолютной горной ренты. Часть 1 // Уголь. 2024;(4):70-73. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-70-73.

Abstract

The issues of efficient subsoil use have been high on the agenda for several decades. Their successful solution is largely determined by the correct insight into the nature of rent relations that emerge in the process of using the national wealth. The paper pays a particular attention to the mechanism of product value formation of mining enterprises. In particular, the question is raised regarding the existence of the absolute mining rent and its influence on the prices. Different points of view expressed by representatives of classical political economy on the existence of this type of rental income are discussed.

Keywords

Rent, Mining rent, Absolute rent, Value, False social cost, Subsoil use.

For citation

Kuzmina O.Yu., Konovalova M.E., Zhironkin S.A. On the issue of the absolute mining rent. Part 1. *Ugol'*. 2024;(4):70-73. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-70-73.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01423, <https://rscf.ru/project/23-28-01423/>.

Acknowledgements

The research was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 23-28-01423, <https://rscf.ru/project/23-28-01423/>.

ВВЕДЕНИЕ

Россия, несмотря на многократные заявления органов государственной власти о наращивании добавленной стоимости за счет высокотехнологичных производств, до сих пор остается страной с ресурсной ориентацией экономики. Довлеющая часть доходной части государственного бюджета формируется за счет использования природно-ресурсного потенциала.

Рентоориентированная экономика не является такой уж исключительной формой развития мирохозяйственных отношений, она присуща многим странам, обладающим существенными запасами природных богатств [1, 2]. Однако не любую рентоориентированную экономическую модель можно назвать социальной [3]. Социальный характер недропользования во многом обеспечивается наличием научно обоснованной системы расчетов и распределения природной ренты, в том числе и горной, анализу которой и посвящена данная работа.

Рента в горной промышленности многолика, она предстает в абсолютной форме, дифференциальной, экологической, монопольной, ценовой или в форме квазиренты [4, 5]. Не все авторы согласны со столь широкой классификацией, придерживаясь мнения, что горная рента выступает в качестве потока дифференциальных доходов, они отрицают существование, например, абсолютной ренты у горнодобывающих предприятий [6]. Так, ассоциируя природные богатства с капитальными ресурсами, многие исследователи уверены, что в состоянии длительного стационарного равновесия оценка произведенного продукта сводится к расчету лишь заработной платы и процента, ни о какой абсолютной ренте как специфическом доходе от реализации частной собственности на природный ресурс в равновесном состоянии экономики речи идти не может [7].

Ответы на вопросы, насколько обоснована эта точка зрения, существует ли абсолютная горная рента или нет, и если существует то, что она из себя представляет, являются не только теоретически важными с точки зрения развития представления о ренте как научной категории, но и практически значимыми, поскольку могут лечь в основу реформирования государственного регулирования недропользования, в том числе и совершенствования налогообложения горнодобытчиков.

ТЕОРИЯ АБСОЛЮТНОЙ РЕНТЫ К. МАРКСА

Исследованию природы рентных доходов посвящены труды многих ученых, среди них особое место занимают работы У. Петти, А. Смита, Д. Рикардо, Ж.Б. Сея, А. Маршалла, Дж.Б. Кларка, Дж.Ст. Милля, К. Маркса. Существенный вклад в развитие теории ренты внесли и отечественные авторы: И.Т. Беляев, М.И. Бронштейн, А.И. Емельянов, В.И. Ильдеменов, Е.С. Козодоев, Е.Е. Лысов, А.В. Мещеров, В.А. Мещеров, В.К. Нусратуллин, Ю.В. Разумовский, В.А. Тихонов, Г.Н. Худакормов, С.В. Чернявский и другие.

Несмотря на множество работ, в которых исследуются рентные отношения, ни у кого не вызывает сомнения, что фундамент теории ренты заложен представителями классической политической экономии [8], в том числе и К. Марксом, с чьей легкой руки и был введен в экономическую науку термин «абсолютная рента».

Согласно марксистскому варианту трудовой теории стоимости, рента представляет собой избыточный доход сверх средней прибыли, который получает собственник, сдавший принадлежащие ему природные богатства в аренду. Рента неоднородна. К. Маркс, опираясь на идеи Д. Рикардо, не только более детально описывает процесс формирования дифференциальной ренты, акцентируя внимание на возможности получения и отрицательных дифференциальных доходов, но и абсолютной ренты, которая рассматривается им в качестве формы реализации монополии собственности на фактор производства.

В контексте анализа земельной ренты он отмечает следующее. Независимо от плодородия земельного участка и его месторасположения, дополнительных вложений капитала, осуществляемых в процессе возделывания земли, если на участок возникнет спрос, то процесс аренды будет отнюдь не бесплатен.

В академической литературе, посвященной теории ренты К. Маркса, причиной образования абсолютной ренты указывается более низкое органическое строение капитала в сельском хозяйстве по сравнению с промышленностью. Подчеркивается, что разница в органическом строении капитала приводит к перетоку действительной стоимости из промышленных отраслей в сельское хозяйство и абсорбции этой стоимости в руках земельного собственника в форме абсолютной ренты. К. Маркс, действительно, в 3-ем томе «Капитала» говорит о такой возможности получения дохода земельным собственником, но его точка зрения на абсолютную ренту гораздо глубже этих поверхностных учебных замечаний, которые и подвергаются жесткой критике со стороны авторов, отрицающих существование абсолютной ренты.

Теория ренты написана К. Марксом в полном соответствии с его теорией стоимости. По мнению ученого, в условиях использования разнокачественных природных объектов, в том числе и земельных участков, на каждом классе земель создается индивидуальная стоимость. При этом индивидуальная стоимость, генерируемая отдельным участком или месторождением, если речь идет о горнодобыче, отличается от индивидуальной действительности стоимости класса, которая по сути должна рассматриваться как общественная стоимостная оценка. Это замечание идет несколько в разрез с выводом К. Маркса о том, что индивидуальная стоимость товара не является его действительной стоимостью, поскольку последняя выступает в качестве общественной стоимости. Причина разночтения объясняется ученым просто, при изучении нерентной модели взаимоотношений, а она свойственна конкурентной равновесной системе, рыночная (общественная) и действительная стоимости совпадают, при изучении же неравновесной системы монополизированных отношений, присущей рентным отраслям, придется констатировать наличие отклонения рыночной стоимости от совокупности

индивидуальных действительных стоимостей различных классов природных месторождений или земельных участков. Возникающую стоимостную разницу К. Маркс называет ложной социальной стоимостью.

По нашему мнению, размер ложной социальной стоимости К. Маркс определяет вовсе не как разницу между рыночной стоимостью сельскохозяйственных товаров и общественной ценой производства, о чем нередко пишут в учебниках, а как избыток индивидуальной стоимости над индивидуальной ценой производства продукта на классе земли [9].

Низкое органическое строение капитала в сельском хозяйстве по сравнению с промышленностью, как уже было сказано выше, обеспечивает переток действительной стоимости в земледелие в форме абсолютной ренты. Но это не единственное условие образования данного рентного дохода. Высокий спрос на сельскохозяйственную продукцию, и об этом говорит не только К. Маркс, но и многие другие политэкономы: Д. Рикардо, Т. Мальтус, И. Тюнен, Д.С. Милль, приводит к тому, что сельскохозяйственная продукция продается по рыночной стоимости, которая определяется условиями производства на худших землях, что обеспечивает избыток прибыли над средним ее значением [10]. Высокий эластичный спрос обеспечивает легкость процесса реализации монопольной власти крупных земельных собственников, в чьих силах исказить механизм ценообразования на сельскохозяйственную продукцию. Земельная собственность является причиной повышения цены, собственность на землю сама создала ренту. Но эта абсолютная рента имеет вовсе не действительную, а фиктивную природу, так же, как дифференциальные и монопольные рентные доходы.

При определении размера абсолютной ренты важно учитывать двоякость ее происхождения. Мы согласны с позицией Е.Е. Лысова, что корректно было бы определять абсолютную ренту, имеющую действительную стоимостную природу, как вычет индивидуальной цены производства из индивидуальной стоимости, в то время как вычет общественной цены производства из рыночной стоимости предполагает наличие абсолютной ренты, покоящейся на монопольной цене [11].

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ АБСОЛЮТНОЙ РЕНТЫ В ТРУДАХ РОССИЙСКИХ АВТОРОВ

Современная российская школа экономической мысли во многом учитывает наработки марксистской трудовой теории стоимости. В отличие от западной экономической науки марксизм воспринимается не как враждебное идеологическое течение, а как научная теория, требующая своего развития во времени.

Н.М. Светлов, утверждая, что абсолютная рента не теряет своего существования при стирании различий в органическом строении капитала в сельском хозяйстве и промышленности, разрабатывает математическую модель, подтверждающую наличие рентного дохода, не возникающего по причине разнокачественности применяемого фактора производства [12]. Предложенная российским экономистом модель по своему математическому аппарату может быть отнесена к широкому классу моделей, описывающих монопольное ценообразование. Особен-

ностью эконометрических разработок именно этого автора является учет экстерналий, возникающих в результате сдачи земли в аренду, когда земельный собственник принимает во внимание эффект, обусловленный изменением цен вследствие его действий.

Математически подтверждая наличие абсолютной ренты, Н.М. Светлов приходит к интересному выводу, что ее размер вовсе не мал, величина абсолютной ренты обусловлена масштабами экономической власти не мелких, а крупных землевладельцев, обычно обладающих лучшими по качеству земельными участками.

В.А. Мещеров к определению размера абсолютной ренты подходит иначе, с позиций соотнесения идей классической политической экономии и маржинализма. В его исследовании два вышеобозначенных направления экономической мысли не противостоят друг другу, а являются комплементарными [13], именно в таком ключе, по нашему мнению, и должен выстраиваться научный процесс развития теории абсолютной ренты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Земельная рента, как и горная, является разновидностью природной ренты [14, 15]. Все выводы касательно ее стоимостной сущности и процесса формирования абсолютных, дифференциальных или монопольных природных рентных доходов, обусловленных экономическими и естественными условиями, могут быть единообразно истолкованы относительно каждой из разновидностей природной ренты. Взяв за основу рассуждения классиков о процессе рентного ценообразования в земледелии, мы легко можем инкорпорировать их выводы в исследование рентных отношений в горной промышленности. Однако учет мнения представителей только одной из базовых школ экономической науки недостаточен, чтобы однозначно утверждать, что факт существования на практике абсолютной горной ренты доказан.

Список литературы • References

1. Stratford B. The Threat of Rent Extraction in a Resource-constrained Future. *Ecological Economics*. 2020;(169):106524. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.106524.
2. Lim K.Y., Morris D. Thresholds in natural resource rents and state owned enterprise profitability: Cross country evidence. *Energy Economics*. 2022;(106):105779. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105779>.
3. Prljic S., Nikitović Z., Stojanović A. Cogoljević D., Pešić G., Alizamir M. Management of business economic growth as function of resource rents. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2018;(491):325-328. DOI: 10.1016/j.physa.2017.09.087.
4. Разовский Ю.В., Борисова О.В., Артемьев Н.В., Савельева Е.Ю. О рентных противоречиях недропользования // Уголь. 2021. № 1. С. 43-45. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-43-45. Razovskiy Yu.V., Borisova O.V., Artemiev N.V., Saveleva E.Yu. About rent contradictions of subsurface use. *Ugol*. 2021;(1):43-45. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-43-45.
5. Canh N.P., Schinckus C., Thanh S.D. The natural resources rents: Is economic complexity a solution for resource curse? *Resources Policy*. 2020;(69):101800. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101800.
6. Otto J.M. Mining Taxation in Developing Countries. UNCTAD. 2000. November. 19 p. Available at: <https://congomines.org/>

- system/attachments/assets/000/000/649/original/Otto-UNC-TAD-paper-2000-Mining-Taxation-in-Developing-Countries.pdf?1430929506 (accessed 15.03.2024).
7. Boadway R., Flatters F. The taxation of natural resources: principle and policy issues. World Bank Policy Research Department. WPS 1210. 1993. 72 p. Available at: https://www.researchgate.net/publication/23548557_The_taxation_of_natural_resources_principles_and_policy_issues (accessed 15.03.2024).
 8. Чернявский С.В., Шутов О.Л., Астахова И.А. Проблемы совершенствования механизма изъятия природной ренты в интересах собственника ресурса // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2021. № 56. С. 119-127. DOI: 10.17223/19988648/56/9.
Chernyavskiy S.V., Shutov O.L., Astakhova I.A. Problems of improving the mechanism of natural rent extraction in the interests of the resource owner. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, Ekonomika*, 2021;(56):119-127. (In Russ.). DOI: 10.17223/19988648/56/9.
 9. Лысов Е.Е. Еще раз о рентных отношениях в земледелии // Экономические науки. 2000. № 2. С. 41-54.
Lysov E.E. One more time about rent relations in agriculture. *Ekonomicheskie nauki*, 2000;(2):41-54. (In Russ.).
 10. Серов В.М., Астафьева О.Е. Обоснование методических подходов к определению природной ренты угольных месторождений // Уголь. 2020. № 4. С. 37-39. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-37-39.
Serov V.M., Astafyeva O.E. Substantiation of methodical approaches to determination of natural rent of coal deposits. *Ugol'*. 2020;(4):37-39. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-37-39.
 11. Лысов Е.Е. Проблемы земельной ренты в рыночной экономике. Самара: Изд-во Самар. гос. экон. акад., 1998. 111 с.
 12. Светлов Н.М. Модель формирования абсолютной земельной ренты. Доклады МСХА. Вып. 271. М.: Изд-во МСХА, 2000.
 13. Мещеров В.А. Градостроительная рента в современных условиях. Самара: Из-во Самар. гос. экон. акад., 2001. 80 с.
 14. Chen F., Wang Q.-S., Umar M., Zheng L. Towards sustainable resource management: The role of governance, natural resource rent and energy productivity. *Resources Policy*. 2023;85(A):104026 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104026>.
 15. Qiao X., Feng T. Land rent theory and rent research of digital platform enterprises. *Journal of Digital Economy*. 2023;(2):52-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdec.2023.05.002>.

Authors Information

Kuzmina O.Yu. – PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Economic Theory, Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation, e-mail: pisakina83@yandex.ru

Konovalova M.E. – Doctor of Economic Sciences, Head of the Department of Economic Theory, Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation, e-mail: mkonoval@mail.ru

Zhironkin S.A. – Doctor of Economic Sciences, Professor of Business School of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: zhironkin@tpu.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.12.2023

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received December 15, 2023

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

Сергей Мозер возглавит подразделение «ЭВОБЛАСТ Инжиниринг»

Сергей Мозер возглавит подразделение группы компаний «ЭВОБЛАСТ» – «ЭВОБЛАСТ Инжиниринг». Основными задачами подразделения станут разработка и коммерциализация инновационных решений для буровзрывных работ, а также инжиниринговых проектов.

В 2024 г. новое подразделение уже провело ряд аудитов буровзрывных работ, по итогам которых на объектах заказчиков был внедрен комплекс решений, позволяющий повысить качество, безопасность и экономическую эффективность комплекса процессов горного передела.

В ближайших планах компании – возобновить образовательный курс «Безопасное и эффективное взрывание», который включает обучение работе с взрывчатыми веществами, электронными системами инициирования, а также навыки проектирования взрывных работ. Практически ориентированный курс дает необходимые компетенции по использованию самых современных технологий для повышения результатов взрывных работ. Обучение востребовано горнодобывающими предприятиями, заинтересованными в повышении квалификации и уровне профессиональной подготовки специалистов.

Сергей Мозер обладает обширным профессиональным опытом в разработке инновационных решений для различных сфер горнодобывающей промышленности, а также в управлении исследовательскими проектами. Сергей Мозер является автором более 400 научных работ, в том числе 260 патентов на изобретения РФ, что демонстрирует глубокие знания и экспертизу.

«Я благодарен за доверие и возможность возглавить подразделение «ЭВОБЛАСТ Инжиниринг», готов привнести в него свой опыт и продолжить реализовывать задуманные проекты. Ключевая задача, которая стоит сегодня перед нами – продолжить расширение ассортимента импортонезависимых качественных инженерных решений и продуктов для прикладных задач взрывных работ», – подчеркнул **Сергей Мозер**.



УДК 622.277: 622.411.33 © В.С. Бригида¹, А.К. Джиеова², 2024UDC 622.277: 622.411.33 © V.S. Brigida¹, A.K. Dzhiioeva², 2024¹ ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр РАН, 111020, г. Москва, Россия¹ Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russian Federation² ФГБУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», 362021, г. Владикавказ, Россия² North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), 362021, Vladikavkaz, Russian Federation

✉ e-mail: 1z011@inbox.ru

✉ e-mail: 1z011@inbox.ru

Определение шага возведения искусственных полос частичной закладки для снижения эмиссии климатически активных газов

Determination of construction step to artificial strips of backfilling fore reduce the emission of climatically active gases

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-74-78>**БРИГИДА В.С.**

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
лаборатории «Управления
горнотехническими системами»,
ФГБУН Институт проблем
комплексного освоения недр РАН,
111020, г. Москва, Россия,
e-mail: 1z011@inbox.ru

ДЖИОЕВА А.К.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры «Горное дело»,
ФГБУ ВО «Северо-Кавказский
горно-металлургический институт
(государственный
технологический университет)»,
362021, г. Владикавказ, Россия

Глобальная задача, стоящая перед отечественной горнодобывающей промышленностью, заключается в обеспечении «декарбонизации» добычи угля для достижения устойчивого развития горного производства. В связи с этим целью работы было совершенствование методологии определения шага возведения искусственных полос частичной закладки для снижения эмиссии климатически активных газов за счет повышения устойчивости подрабатываемых дегазационных скважин. Итогом работы стала апробация методики оценки динамических пространственно-временных изменений концентрации метана при формировании максимального пролета кровли. Кроме того, определено значение предельного состояния пород кровли (150 м), определяющего частоту строительства искусственных сооружений в области выработанного пространства лавы.

Ключевые слова: устойчивая добыча, устойчивость кровли, выбросы метана, газовые потоки, закладка, подземные скважины.

Для цитирования: Бригида В.С., Джиеова А.К. Определение шага возведения искусственных полос частичной закладки для снижения эмиссии климатически активных газов // Уголь. 2024;(4):74-78. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-74-78.

Abstract

The global challenge facing the domestic mining industry is to ensure “decarbonization” of coal mining to achieve sustainable development of mining production. In this regard, the purpose of the work was to improve the methodology of determining the step of artificial strips of partial filling to reduce the emission of climatically active gases, by increasing the stability of degasification wells under

development. The result of the work was the approbation of the methodology of estimation of dynamic spatial and temporal changes in methane concentration during the formation of the maximum roof span. In addition, the value of the limit state of the roof rocks (150 m), which determines the frequency of construction of artificial structures in the area of the longwall mined-out space, was determined.

Keywords

Sustainable production, roof stability, methane emissions, gas flows, backfilling, underground wells.

For citation

Brigida V.S., Dzhioeva A.K. Determination of construction step to artificial strips of backfilling fore reduce the emission of climatically active gases. *Ugol'*. 2024;(4):74-78. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-74-78.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших мировых вопросов обеспечения устойчивой добычи [1] и рационального освоения георесурсов является необходимость сокращения объемов выбросов парниковых газов. Данный аспект необходимо учитывать при реализации как перспективных геотехнологий [2, 3], так и способов комплексной переработки минерального сырья («декарбонизация») для достижения углеродной нейтральности в добывающих странах [4]. Для углегазовых шахт чаще всего пытаются частично замкнуть энергетический контур потребления за счет собственного производства электроэнергии на основе сжигания отводимой метановоздушной смеси в газопоршневых установках (когенерация) [5]. Данный способ лишь частично позволяет снизить углеродный след добываемого сырья, большинство сопутствующих проблем нуждается в разработке комплекса мер для их решения. Одним из передовых направлений в данном вопросе является формирование «circular waste management», которое реализуется на основе общих принципов «circular economy» [6]. Внедрение данной концепции в горное производство позволит разработать меры, включающие в себя повышение энергоэффективности технологических процессов, снижение объемов хранилищ хвостов обогащения и эмиссии парниковых газов в атмосферу. Данная система мероприятий направлена прежде всего на оптимизацию материальных потоков на основе их цикличности на всех этапах производства [7].

В связи с этим обеспечение устойчивой добычи и комплексного использования техногенных месторождений полиметаллического сырья [8, 9] при сокращении объема выбросов парниковых газов является актуальной научной проблемой.

Вышеизложенная концепция замкнутого цикла геоматериалов обуславливает необходимость захоронения отходов в подземных полостях, что довольно хорошо согласуется с возможностью управления кровлей частичной или полной закладки выработанного пространства. Изменение состава закладочного массива механически активированными хвостами позволит получить мультипликативный эколого-экономический эффект [10]. Особенностью разработки углегазовых месторождений является возможность использования данных о состоянии

аэрогазового режима дегазационной сети для выявления областей предельного равновесного состояния массива. Интересные результаты получены при оценке протяженности зоны разгрузки при моделировании сдвижения в плоскости до начала выемочного участка [11]. В работе [12] довольно показательно изложены проблемы устойчивости подземных скважин, что обуславливает необходимость изменения способа управления горным давлением. Авторами исследования [13] установлено, что влияние лавы на дегазацию массива может распространяться более чем на 140 м в кровлю, до 170 м в выработанном пространстве и 300 м – впереди нее. Экспериментально-аналитические исследования позволяют установить изменчивость метановыделения от положения забоя [13] или расстояния до начала участка. В то же время фактор времени в данной работе учитывается не полностью.

Гипотеза исследования подразумевает определение шага возведения быстровозводимых конструкций из активированных хвостов на основе закономерностей динамики метановыделения (по лаве-аналогу). В связи с этим цель работы – совершенствование методологии определения шага возведения искусственных полос частичной закладки для снижения эмиссии климатически активных газов за счет повышения устойчивости подрабатываемых дегазационных скважин.

Для достижения поставленной цели исследований рассматривались экспериментальные данные концентрации метана в газозооной смеси, извлекаемой шестью скважинами (подробности шахтных условий приведены в работах [14, 15]). Скважины были пробурены в подработанный ранее углепородный массив (17-й вост. лавы пл. m_2) на глубине свыше 1300 м, в начале отработки выемочного столба 18-й вост. лавы пл. m_3 . Длина скважин – 120 м, частота бурения – 20-40 м между устьями, угол разворота на забой отработанной ранее 17-й вост. лавы – 60°, угол подъема к горизонту – 60°. Скважины бурились для дегазации метана из выработанного пространства отработанной ранее 17-й лавы для минимизации негативных проявлений горного давления (рис. 1). Для определения концентрации метана использовали Dräger X-AM 2500 (сенсор CatEx 125 PR Mining), в некоторых случаях ее проверяли ШИ-12.

Монтажный ходок находился на расстоянии 1376 м от начала участка. На момент наблюдения отход лавы от монтажной выработки достигал 46 м (пикет 1330 м, рядом с отметкой которого была пробурена первая скважина), при этом номер дня от начала года = 100 (9 апреля). Вторая скважина находилась рядом с ПК 131 (1310 м от начала участка), третья – ПК 123, четвертая – ПК 121, пятая – ПК 117, шестая – ПК 113. С отработкой 17-й вост. лавы первичная посадка кровли (по конвейерному штреку) произошла через 252 м, шаг установившейся посадки колебался от 50 до 60 м. В связи с этим выбранный диапазон наблюдений за динамикой аэрогазового режима дегазации массива от 1330 м (пролет – 46 м) до 1130 м (пролет – 246 м) является довольно представительным. Обработка данных временных рядов все еще остается сложной задачей для различных областей знаний [16]. Данные обрабатывались в несколько этапов, включающих в себя: проверку на грубые ошибки, сглаживание шумов

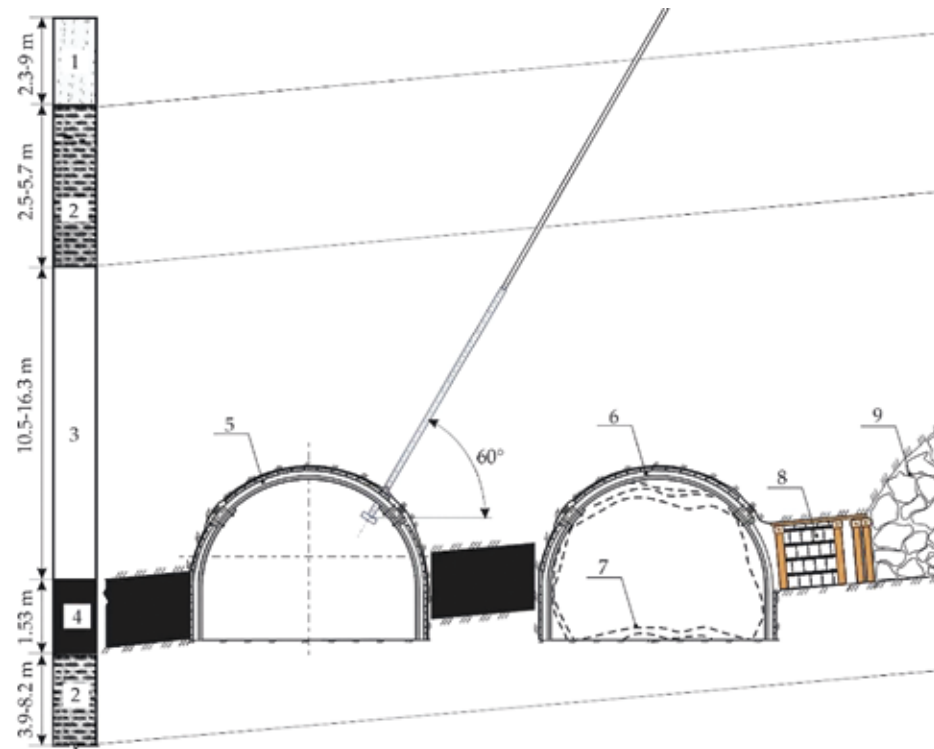


Рис. 1. Условия расположения скважин, пробуренных на выработанное пространство отработанного ранее выемочного столба: 1 – песчаник серый; 2 – алевролит темно-серый; 3 – аргиллит глинистый; 4 – угольный пласт m ; 5 – вентиляционный штрек 18-й вост. лавы; 6 – конвейерный штрек отработанной ранее 17-й вост. лавы; 7 – форма контура конвейерного штрека на момент наблюдения; 8 – литая полоса из «би-крепи»; 9 – выработанное пространство

Fig. 1. Conditions for the location of boreholes drilled into the mined-out space of the previously worked-out extraction pillar: 1 – grey sandstone; 2 – dark-grey siltstone; 3 – clayey argillite; 4 – coal seam m ; 5 – ventilation drift of the 18th East Face; 6 – conveyor drift of the previously worked-out 17th East Face; 7 – the conveyor drift contour line at the moment of observation; 8 – cast strip from the “bi-support”; 9 – mined-out space

методом LOESS, пробелы во временных рядах дополнялись алгоритмом трехмерной интерполяции Р. Ренка, на последнем этапе выстраивалась итоговая поверхность в ПО «gnuplot», по аналогии с работами [17, 18].

ОСОБЕННОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ШАХТНОГО МЕТАНА ПЕРЕД ГЕНЕРАЛЬНОЙ ПОСАДКОЙ ОСНОВНОЙ КРОВЛИ

Полученные результаты пространственно-временной изменчивости концентрации метана в плоскости «длина выработки-время замера» представлены на рис. 2 (пример массива данных приведен в таблице).

Определение функции отклика в условиях существенных перегибов поверхности и наличия более пяти экстремумов является довольно сложной задачей, которая не стояла в данном исследовании. В связи с этим параметры формирования частичной закладки определяли графическим способом. Из анализа рис. 2. следует, что начиная с $S = 1270$ м от начала участка (90-100 день), на существенном удалении впереди лавы (слева от серой линии «L», область перехода от синего к фиолетовому цвету) формируется очаг повышенной концентрации метана. Далее «крайне левая» граница этой зоны непрерывно прослеживается до $S = 1167$ м, а затем резко прерывается. Причем ее степень наклона совпадает с углом наклона линии движения лавы (которая обрабатывалась

обратным ходом). Крайняя правая граница рассматриваемого очага также параллельно линии подвигания лавы распространяется до $S = 1210$ м (пролет = 166 м). После этого правая граница резко смещается ближе по отношению к лаве, что существенно расширяет гра-

Экспериментальные данные концентрации метана в дегазационных скважинах

Experimental data of methane concentration in the degassing holes

Время замера, (номер дня с начала года), t	Параметры извлечения метана из скважин		
	Расстояние от устья до забоя лавы, м, L	Устье скважины на пикете, м, S	Замеры метана, %
81	-30	1330	60
85	-28	1330	40
88	-26	1330	27
92	-24	1330	30
93	-22	1330	13
...
121	16	1330	15
126	28	1330	15
131	46	1330	15
132	50	1330	14

ницы зоны максимума метановыделения. На следующем этапе граница начинает «удаляться» от линии лавы под острым углом (30-40°), а затем резко обрывается на рубеже $S = 1167$ м. Данный феномен можно объяснить наличием перетекания газовых потоков в зоне опережающей трещиноватости с образованием аэродинамической связи с выработанным пространством отработанной ранее лавы. Приближение рассматриваемой зоны (правая граница) к линии подвигания лавы косвенно может указывать на формирование предельного напряженно-деформированного состояния в кровле отработываемого пласта.

В связи с этим до первичной посадки, для данных условий, шаг возведения закладочных полос до генерального шага посадки основной кровли не должен превышать 160 м и 90 м в период установившегося шага посадки. Результаты работы более полно раскрывают детали нелинейностей в характере отклика динамики метановыделения на развитие геомеханических процессов при отходе линии очистного забоя от монтажного ходка. Кроме того, полученные модели косвенно подтверждают результаты исследования [19], а также модели деформационных процессов на эквивалентных материалах [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании выполнено моделирование распределения газовых потоков на различном удалении от линии очистного забоя в различные промежутки временных интервалов. Доказано, что впереди лавы (смотри всю область проекции, расположенную левее серой линии "L" на рис.

2) при росте пролета основной кровли (с ростом t) область максимальной концентрации метана (синяя кривая) направлена параллельно линии забоя лавы (на одинаковом удалении от нее). Причем ширина данной области растет начиная с 90-го дня ($S = 1250$ м). С точки 110-го дня ($S = 1250$ м) прослеживается резкий перелом направления краевой линии с существенным расширением зоны локального максимума. Данная нетипичная ситуация прослеживается на протяжении 18-22 м, что косвенно подтверждает факт посадки кровли, сопровождающийся резким увеличением метановыделения из зоны выработанного пространства отработанной ранее лавы. В результате апробирована методика оценки пространственно-временной изменчивости динамики концентрации метана при формировании предельных пролетов кровли. Кроме того, определены пролеты предельного состояния вышележащего массива, обуславливающие частоту возведения искусственных сооружений в выработанном пространстве отработываемой лавы. Установлено, что для данных условий шаг частичной за-

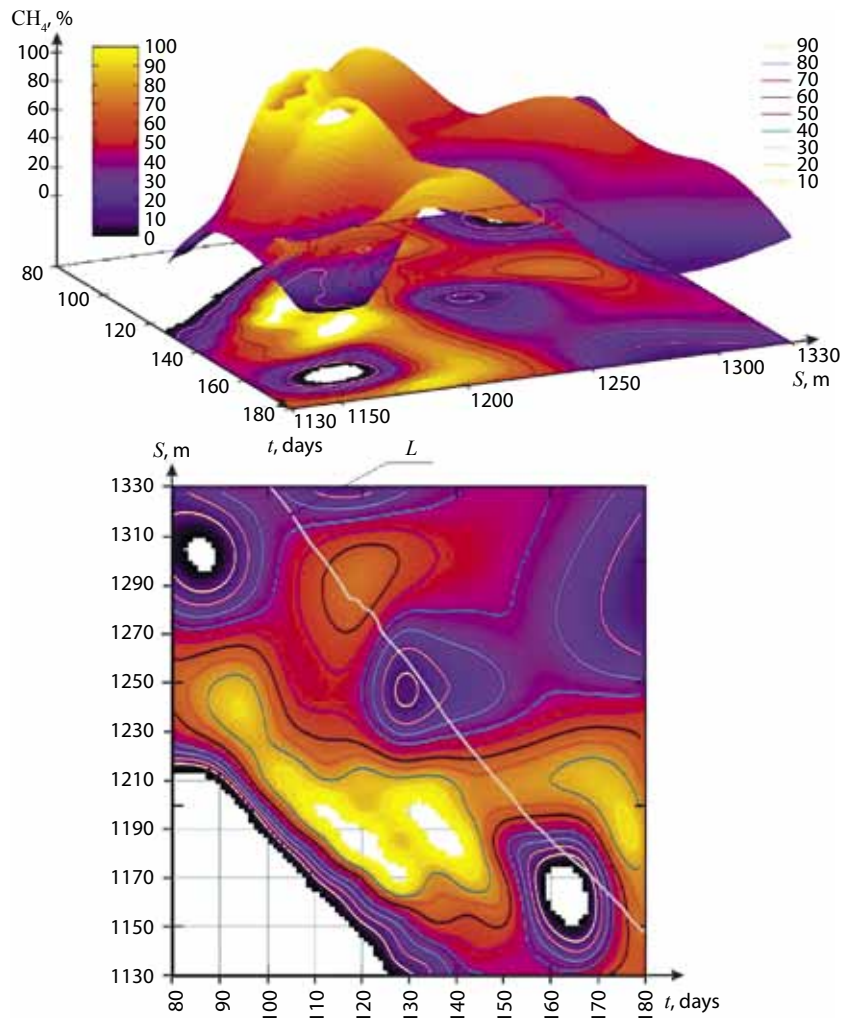


Рис. 2. Пространственное изменение концентрации метана в подработываемом массиве горных пород под влиянием подвигания линии очистного забоя 18-й вост. лавы (L)

Fig. 2. Spatial change of methane concentration in the mined-out rock mass influenced by the advance of the 18th East Face line (L)

кладки до генеральной посадки кровли не должен превышать 150 м. Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности разработки практических рекомендаций по прогнозированию шага посадки кровли по лаве-аналогу.

Список литературы • References

1. Malyukova L.S., Martyushev N.V., Tynchenko V.V., Kondratiev V.V., Bukhtoyarov V.V., Konyukhov V.Y., Bashmur K.A., Panfilova T.A. Circular Mining Wastes Management for Sustainable Production of Camellia sinensis (L.) O. Kuntze. *Sustainability*. 2023;(15):11671. DOI: 10.3390/su151511671.
2. Que C.T., Nevskaya M., Marinina O. Coal Mines in Vietnam: Geological Conditions and Their Influence on Production Sustainability Indicators. *Sustainability*. 2021;(131):1800. DOI: 10.3390/su13211800.
3. Роль человеческого фактора в происхождении и предотвращении аварий и травм на горнодобывающих предприятиях / В.Б. Артемьев, Г.П. Ермак, В.А. Галкин и др. // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 11. С. 79-84. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-11-79-84.

- Artemiev V.B., Ermak G.P., Galkin V.A., Makarov A.M., Kravchuk I.L. The Role of the Human Factor in the Origin and Prevention of Accidents and Injuries at the Mining Enterprises. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2022;(11):79-84. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2022-11-79-84.
4. Putilova E., Tsiplakova Y., Diachkova A., Knysh E. Environmental education and its principles. *E3S Web of Conferences*. 2023;(431):09003. DOI: 10.1051/e3sconf/202343109003.
 5. Klyuev R., Tekiev M., Silaev V., Bosikov I., Gavrina O. Sustainable operation analysis of the mining industry power supply system. *E3S Web of Conferences*. 2021;(326):00016. DOI: 10.1051/e3sconf/202132600016.
 6. Zhanbayev R.A., Yerkin A.Y., Shutaleva A.V., Irfan M., Gabelashvili K., Temirbaeva G.R., Chazova I.Y., Abdykadyrkyzy R. State asset management paradigm in the quasi-public sector and environmental sustainability: In-sights from the Republic of Kazakhstan. *Frontiers in Environmental Science*. 2023;(10):1037023. DOI: 10.3389/fenvs.2022.1037023.
 7. Kaung P.A., Semikin A.A., Khayrutdinov A.M., Dekhtyarenko A.A. Recycling of industrial waste is a paradigm of resource provision for sustainable development. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023;15(2): 385-397. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-2-385-397.
 8. Минимизация опасности металлизированных шахтных стоков / В.И. Голик, Ю.И. Разоренов, А.А. Белодедов и др. // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 7. С. 60-65. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-7-60-65.
Golik V.I., Razorenov Yu.I., Belodedov A.A., Versilov S.O. Minimization of the Danger of Metallized Mine Drains. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2023;(7):60-65. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2023-7-60-65.
 9. Feng X., Guo H., Feng X., Yin Y., Li Z., Huang Z., Urynowicz M. Denitrification induced calcium carbonate precipitation by indigenous microorganisms in coal seam and its application potential in CO₂ geological storage. *Fuel*. 2024;(365):131276. DOI: 10.1016/j.fuel.2024.131276.
 10. Panaedova G., Borodin A., Zehir C., Laptev S., Kulikov A. Overview of the Russian Coal Market in the Context of Geopolitical and Economic Turbulence: The European Embargo and New Markets. *Energies*. 2023;(16): 6797. DOI: 10.3390/en16196797.
 11. Захаров В.Н., Трофимов В.А., Шляпин А.В. Моделирование сдвига углевмещающей толщи и оценка уровня разгрузки слагающих ее пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 12. С. 109-127. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-12-0-109.
Zakharov V.N., Trofimov V.A., Shlyapin A.V. Modeling displacements and stress relief in coal-bearing rock mass. *Gornyy informatsionno-analyticheskij bulletin*. 2022;(12):109-127. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-12-0-109.
 12. Rout G., Tailakov O., Zastrelov D., Kolesnichenko S. To the issue of monitoring the length of degasification boreholes. *E3S Web of Conferences*. 2021;(315):01020. DOI: 10.1051/e3sconf/202131501020.
 13. Hou X., Liu S., Zhu Y., Yang Y. Evaluation of gas contents for a multi-seam deep coalbed methane reservoir and their geo-logical controls: In situ direct method versus indirect method. *Fuel*. 2020;(265):116917. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116917.
 14. Brigida V.S., Golik V.I., Voitovich E.V., Kukartsev V.V., Gozbenko V.E., Konyukhov V.Y., Oparina T.A. Technogenic reservoirs resources of mine methane when implementing the circular waste management concept. *Resources*. 2024;13(2):33. DOI: 10.3390/resources13020033.
 15. Golik V.I., Dmitrak Yu.V., Brigida V.S. Impact of duration of mechanochemical activation on enhancement of zinc leaching from polymetallic ore tailings. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020;(5): 47-54. DOI: 10.33271/NVNGU/2020-5/047.
 16. Бюджетная политика горнодобывающего предприятия в условиях меняющейся геополитической обстановки / К.П. Аунг, Е.И. Горелкина, Э.К. Абдулаев и др. // Горная промышленность. 2023. Т. 3. С. 143-153. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-3-143-153
Aung K.P., Gorelkina E.I., Abdulaev E.K., Mishenina N.A. Expenditure policy of a mining company in changing geopolitical settings. *Gornaya promyshlennost'*. 2023;(3):143-153. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2023-3-143-153.
 17. Brigida V.S., Golik V.I., Klyuev R.V., Sabirova L.B., Mambetalieva A.R., Karlina Y.I. Efficiency Gains When Using Activated Mill Tailings in Underground Mining. *Metallurgist*. 2023;(67):398-408. DOI: 10.1007/s11015-023-01526-z.
 18. Бригида В.С., Мишулина С.И., Стась Г.В. Перспективные направления экологизации структурных элементов туристского продукта краснодарского края (на примере транспортной составляющей) // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. Т.12(1). С. 24-25. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-1-18-25.
Brigida V.S., Mishulina S.I., Stas G.V. Perspective directions of "ecologisation" of structural elements of a tourist product of Krasnodar region (case study of transportation component). *Ustojchivoe razvitie gornyx territorij*. 2020;12(1):24-25. (In Russ.) DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-1-18-25.
 19. Грязев М.В., Качурин Н.М., Воробьев С.А. Математические модели аэрогазодинамических и теплофизических процессов при подземной добыче угля на различных стадиях отработки месторождений // Записки Горного института. 2017. Т. 223. С. 99-108. DOI: 10.18454/PMI.2017.1.99.
Gryazev M.V., Kachurin N.M., Vorobyov S.A. Mathematical models of aerogasdynamic and thermophysical processes in underground coal mining at various stages of mining. *Zapiski gornogo instituta*. 2017;(223):99-108. (In Russ.). DOI: 10.18454/PMI.2017.1.99.
 20. Han P., Zhang C., Ren Z., He X., Jia S. The influence of advance speed on overburden movement characteristics in longwall coal mining: insight from theoretical analysis and physical simulation. *Journal of Geophysics and Engineering*. 2021;18(1):163-176. DOI: 10.1093/jge/gxab005.

Authors Information

Brigida V.S. – PhD (Engineering), Senior Research, Associate, Management of Mining Engineering Systems Laboratory, Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 111020, Russian Federation, e-mail: 1z011@inbox.ru

Dzhioeva A.K. – PhD (Engineering), Associate Professor Mining Engineering Department, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, 362021, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 28.11.2023

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received November 28, 2023

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 622.271 © А.Ю. Чебан✉, Н.П. Хрунина, 2024

UDC 622.271 © A.Yu. Cheban✉, N.P. Khrunina, 2024

Институт горного дела Дальневосточного отделения
Российской академии наук, 680000, г. Хабаровск, Россия
✉ e-mail: chebanay@mail.ru

Institute of Mining, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, 680000, Russian Federation
✉ e-mail: chebanay@mail.ru

Технология разработки сложноструктурных угольных пластов карьерными комбайнами с комбинированным рабочим оборудованием

Technology for the development of complex-structured coal seams surface miners with combined working equipment

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-79-82>

Разработка сложноструктурных угольных пластов с применением традиционных технологий, включающих взрывное рыхление, ведет к потерям полезного ископаемого и его значительному разубоживанию. Перспективным оборудованием для механического рыхления сложноструктурных массивов являются карьерные комбайны, которые обеспечивают необходимую глубину селекции при выемке полезного ископаемого и породных прослоев. В статье предлагается технико-технологическое решение позволяющее повысить эффективность послойной отработки сложноструктурных пологих угольных пластов, содержащих прочные породные прослои небольшой мощности, за счет расширения функциональных возможностей карьерного комбайна посредством оснащения оборудованием для предварительного разупрочнения породных прослоев путем нарезания в них прерывистых щелей и пропитки раствором поверхностно-активных веществ.

Ключевые слова: карьерный комбайн, конвейер, уголь, автосамосвал, породный прослой, нарезание щелей, подача раствора, разупрочнение.

Для цитирования: Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Технология разработки сложноструктурных угольных пластов карьерными комбайнами с комбинированным рабочим оборудованием // Уголь. 2024;(4):79-82. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-79-82.

Abstract

The development of complex-structured coal seams using traditional technologies, including explosive loosening, leads to losses of mineral resources and its significant dilution. Promising equipment for mechanical loosening of complex-structured massifs are surface miners, which provide

ЧЕБАН А.Ю.

Канд. техн. наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
Института горного дела
Дальневосточного отделения
Российской академии наук,
680000, г. Хабаровск, Россия,
e-mail: chebanay@mail.ru

ХРУНИНА Н.П.

Канд. техн. наук, старший научный сотрудник
Института горного дела
Дальневосточного отделения
Российской академии наук,
680000, г. Хабаровск, Россия,
e-mail: npetx@mail.ru

the necessary depth of selection when extracting minerals and rock layers. The article proposes a technical and technological solution that makes it possible to increase the efficiency of layer-by-layer mining of complex-structured flat coal seams containing strong rock layers of small thickness, by expanding the functionality of a surface miner by equipping it with equipment for preliminary softening of rock layers by cutting intermittent slots in them and impregnating the surface with a solution of active substances.

Keywords

Surface miner, conveyor, coal, dump truck, rock layer, cutting slots, mortar supply, softening.

For citation

Cheban A.Yu., Khrunina N.P. Technology for the development of complex-structured coal seeds surface miners with combined working equipment. *Ugol'*. 2024;(4):79-82. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-79-82.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка сложноструктурных угольных пластов, включающих породные прослои различной мощности, с применением традиционных технологий с взрывным рыхлением массива и последующей выемкой одноковшовыми экскаваторами ведет к существенным потерям полезного ископаемого и его разубоживанию [1]. На угольных разрезах Дальнего Востока минимальная мощность селективно извлекаемого угольного пласта, с учетом технических параметров выемочного оборудования, составляет 1-2 м, при этом максимальная мощность внутрипластовых породных прослоев, включаемая в подсчет запасов, достигает 0,7-1 м, вследствие чего маломощные пласты угля вместе с пустыми породами отправляются в отвал, а прослои пустых пород извлекаются совместно с углем, существенно снижая его качество [2, 3].

ВЫЕМКА УГЛЯ КАРЬЕРНЫМИ КОМБАЙНАМИ

Существенно повысить качество получаемой продукции при разработке сложноструктурных месторождений позволяет переход на безвзрывные технологии с использованием комбайнов различных конструкций [4, 5, 6, 7]. Карьерные комбайны обеспечивают возможность селективной выемки породных прослоев небольшой мощности, а также выемку угля с высокой производительностью и небольшой себестоимостью. Так, в работе [5] определено, что себестоимость разработки сложноструктурного пласта Эльгинского каменноугольного месторождения карьерными комбайнами на 30% ниже в сравнении с применением взрывного рыхления и выемкой угля одноковшовыми экскаваторами, однако себестоимость разработки прочных вскрышных пород с использованием карьерных комбайнов в 2,2 раза выше в сравнении с традиционной технологией. Это объясняется тем, что с увеличением прочности горных пород производительность карьерных комбайнов многократно снижается. Прочность угля и вмещающих пород на угольных месторождениях значительно различается, например, на разрезе Талдинский породные прослои, представленные песчаниками, алевролитами и сидеритами прочностью до 8-12 единиц по шка-

ле проф. М.М. Протодряконова, многократно превышают прочность каменного угля [8].

Повысить производительность механического рыхления массива прочных пород возможно за счет их предварительного ослабления различными способами [8, 9, 10, 11], в частности с применением растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ). Так, на Талдинском разрезе для повышения эффективности работы карьерного комбайна КСМ-2000Р в экспериментальном блоке была пробурена сеть заливочных скважин 1,3 x 1,3 м, глубиной 1 м, через которые в массив подавался раствор ПАВ. После пропитки раствором в течение двух суток прочность на сжатие мелкозернистых песчаников снизилась с 93 до 60 МПа [8]. Разупрочнение образцов скальных вскрышных пород Эльгинского угольного месторождения растворами ПАВ позволило снизить прочность пород на 30-50% [11]. Недостатком технологической схемы, предполагающей бурение сети заливочных скважин, является необходимость применения различного оборудования, что ставит под вопрос экономическую целесообразность ее применения для разупрочнения породных прослоев небольшой мощности.

В работе [12] предлагается технико-технологическое решение по разработке сложноструктурного месторождения апатитов, сложенного рудами, существенно различающимися по прочности, с применением машины послыной фрезерования, дополнительно оснащенной оборудованием для нарезания в массиве горизонтальных щелей и подачи в них раствора ПАВ. При послыной отработке массива нарезание щелей проводится на участках с рудами относительно высокой прочности, а на участках с рудами невысокой прочности разупрочнение не ведется, таким образом, обеспечивается выборочное разупрочнение руд при горизонтальной вариативности прочности сложноструктурного массива. Разрыхленная руда остается в открытой траншее и селективно извлекается погрузчиком. Недостатками данной технологии являются необходимость переэкскавации, а также невозможность ведения пропитки массива через нарезанные щели при наличии продольного уклона рабочей площадки, поскольку раствор будет стекать под уклон.

Целью исследования является повышение эффективности послыной отработки сложноструктурных пологих пластов угольных месторождений, содержащих прочные породные прослои небольшой мощности, за счет расширения функциональных возможностей карьерного комбайна посредством оснащения оборудованием для предварительного разупрочнения прослоев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Авторами предлагается технико-технологическое решение по разработке сложноструктурного пологого угольного пласта с применением карьерного комбайна с комбинированным рабочим оборудованием. Карьерным комбайном ведется послыное рыхление пласта посредством фрезерного рабочего органа 1, установленного в передней части машины (см. рисунок).

Отбитый уголь подается на приемный транспортер 2, а затем через разгрузочный конвейер 3 – в автосамосвал

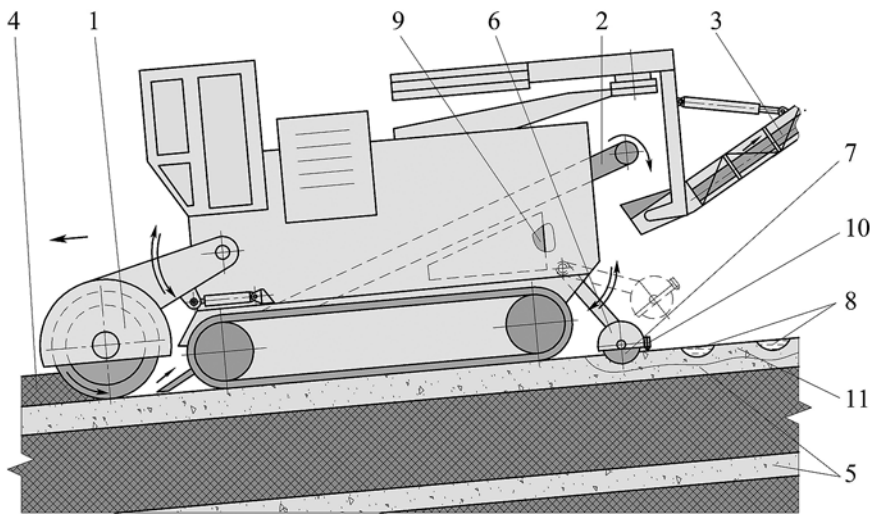


Схема отработки сложноструктурного пологого пласта карьерным комбайном с комбинированным рабочим оборудованием

Schematic diagram of mining a flat-lying seam with a complex structure using a surface miner with combined attachments

(на рисунке не показан). При обнажении в процессе фрезерования верхнего пропластка угля 4 прочного породного прослоя 5 в процесс отработки включается оборудование для дезинтеграции прочных пород, состоящее из поворотного агрегата 6 с набором режущих дисков 7 для нарезания прерывистых щелей 8, а также системы 9 подачи раствора ПАВ через форсунки 10 в прерывистые щели 8. Наличие целиков 11 в сформированных прерывистых щелях 8 исключает стекание раствора ПАВ под уклон с разливом по поверхности рабочей площадки и испарением, неравномерную пропитку массива. Раствор ПАВ остается в сегментах прерывистых щелей 8 и постепенно поглощается через стенки, обеспечивая равномерное разупрочнение прочного породного прослоя 5. За время, необходимое для пропитки и разупрочнения прослоя 5, карьерным комбайном отрабатываются смежные полосы верхнего пропластка угля 4, затем производятся механическое рыхление и выемка разупрочненных пород прослоя 5. Пропитка прослоя раствором ПАВ обеспечивает снижение прочности пород на 30-50%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемое технико-технологическое решение позволяет повысить эффективность разработки пологих сложноструктурных угольных пластов, включающих породы, значительно различающиеся по прочностным характеристикам. Формирование прерывистых щелей обеспечивает равномерную пропитку и дезинтеграцию прочного породного прослоя, что в свою очередь существенно увеличивает производительность механического рыхления и снижает себестоимость добычных работ.

Список литературы • References

1. Горев Д.Е. Совершенствование технологии разработки многослойных крупных буроголовых месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 7. С. 175-185.
Gorev D.E. Improvement of mining technology for large sandwich brown coal fields. *Gornyj Informatsionno-analyticheskij Byulleten'*. 2016;(7):175-185. (In Russ.).
2. Щадов В.М. Открытая разработка сложноструктурных угольных месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. 298 с.
3. Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Техника и технологии разработки угольных разрезов Приамурья и перспективы их развития // Маркшейдерия и недропользование. 2015. № 1. С. 19-21.
Cheban A.Yu., Khrunina N.P. Equipment and technologies for the development of coal mines in the Amur region and prospects for their development. *Markshejderija i nedropol'zovanie*. 2015;(1):19-21. (In Russ.).
4. Cheluszka P., Mikuła S., Mikuła J. Conical picks of mining machines with increased utility properties – selected construction and technological aspects. *Acta Montanistica Slovaca*. 2021;(26):195–204. DOI: 10.46544/AMS.v26i2.02.
5. Ермаков С.А., Иль А.П., Хосоев Д.В. Оценка эффективности применения комбайнов Wirtgen на Эльгинском каменноугольном месторождении // Горная промышленность. 2018. № 6. С. 77-79. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-6-142-77-79.
Ermakov S.A., Il A.P., Khosoev D.V. Assessment of the efficiency of Wirtgen surface miners operation at Elga hard coal deposit. *Gornaja promyshlennost'*. 2018;(6):77-79. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2018-6-142-77-79.
6. Rong Zh. New insights into the permeability-increasing area of overlying coal seams disturbed by the mining of coal. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2018;(1):352-364.
7. Безвзрывные технологии подготовки скальных горных пород к перемещению конвейерным транспортом / С.В. Бурцев, Я.В. Левченко, В.В. Таланин и др. // Уголь. 2018. № 10. С. 8-17. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-8-17.
Burtsev S.V., Levchenko Ya.V., Talanin V.V., Voroshilin K.S. Blastless technologies for rock mass conditioning for conveyor transportation. *Ugol'*. 2018;(10):8-17. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-8-17.
8. Применение методов физико-химического разупрочнения массивов крепких горных пород при работе машин типа КСМ / А.Г. Кузнецов, Р.М. Штейнцвайг, Г.Я. Воронков и др. // Горная промышленность. 1997. № 4. С. 3-7.
Kuznetsov A.G., Steinzeig R.M., Voronkov G.Ya., Shenderov A.I., Alexandrov A.A. Application of methods for physical and chemical

- softening of strong rock masses during the operation of KSM type machines. *Gornaja promyshlennost'*, 1997;(4):3-7. (In Russ.).
9. Talele S., Dalvi A., Rane G., Nawar J. Water-jet cutting – a precise method for manufacturing process. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*. 2020;(4):471-473. DOI: 10.33564/IJEAST.2020.v04i11.084.
 10. Stoxreiter T., Martin A., Teza D., Galler R. Hard rock cutting with high pressure jets in various ambient pressure regimes. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2018;(108):179-188. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2018.06.007.
 11. Панишев С.В., Хосоев Д.В., Матвеев А.И. Повышение эффективности разработки вскрышных пород и углей Эльгинского месторождения Якутии путем их разупрочнения с использованием поверхностно-активных веществ // Горная промышленность. 2021. № 1. С. 98-104. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-98-104. Panishev S.V., Khosoev D.V., Matveev A.I. Enhancing efficiency of overburden removal and coal mining at Elginsky coal deposit in Yakutia by their softening with surfactants. *Gornaja promyshlennost'*. 2021;(1): 98-104. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-98-104.
 12. Чебан А.Ю. Совершенствование технологии разработки сложно-структурных месторождений с применением машин послонного фрезерования // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2023. Вып. 2. С. 357-367. Cheban A.Yu. Improving the technology for developing complex structural deposits using layer-by-layer milling machines. *Izvestija Tulkogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle*. 2023;(2): 357-367. (In Russ.).

Authors Information

Cheban A.Yu. – PhD (Engineering), Leading researcher, Institute of Mining, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, 680000, Russian Federation, e-mail: chebanay@mail.ru

Khrunina N.P. – PhD (Engineering), Leading researcher, Institute of Mining, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, 680000, Russian Federation, e-mail: npetx@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 17.10.2023

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received October 17, 2023

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

На шахте «Южная» введена в эксплуатацию новая лава

Промышленные запасы угля в контуре лавы № 3Л, запущенной на шахте «Южная» (филиал АО «Черниговец»), оцениваются в 665 тыс. т. Длина очистного забоя составляет 300 м, а протяженность выемочного столба – 575 м.



На подготовке контура лавы № 3Л были задействованы проходческие бригады Александра Бондаренко, Виталия Пономарева и Виталия Степанова. Для обеспечения промышленной безопасности горные выработки проходились с применением барьерной дегазации.

Для добычи угля в новой лаве шахты «Южная» смонтирован комплекс очистного оборудования TIANDI, в состав которого входят комбайн MG-500, забойный конвейер и перегружатель с дробильной установкой. 176 секций используемой механизированной крепи оснащены современной гидравликой. Все оборудование отвечает современным требованиям безопасности.

«В новом очистном забое работает профессиональный коллектив участка по добыче угля № 3 – бригада Игоря Миллера. Отработка лавы займет около шести месяцев. Добываемый здесь коксующийся уголь после обогащения на ОФ «Черниговская-Коксовая» будет поставляться на российские металлургические предприятия», – говорит **директор шахты «Южная» (филиал АО «Черниговец») Альберт Салихов.**

Управление по связям с общественностью и СМИ



УДК 622:621.395.66 © С.С. Кубрин¹, И.М. Загоршменный¹,
С.Н. Решетняк², Ю.М. Максименко², 2024

¹ Институт проблем комплексного освоения недр
Российской академии наук (ИПКОН РАН),
111020, г. Москва, Россия

² Национальный исследовательский технологический
университет «МИСИС», 119049, г. Москва, Россия
✉ e-mail:reshetniak@inbox.ru

UDC 622:621.395.66 © S.S. Kubrin¹, I.M. Zakorshmennyy¹,
S.N. Reshetnyak², Yu.M. Maksimenko², 2024

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

² National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"),
Moscow, 119049, Russian Federation
✉ e-mail:reshetniak@inbox.ru

Повышение эффективности функционирования горных машин угольных шахт

Increasing operational efficiency of mining machines in coal mines

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-83-87>

В публикации представлены результаты исследования влияния генерации мощных горных машин поверхностного комплекса угольной шахты на эффективность функционирования электро-технической системы. Описана имитационная модель электро-технической системы угольной шахты, позволяющая проводить оценки влияния высших гармонических составляющих, генерируемых мощными нелинейными потребителями на поверхности, на параметры качества электрической энергии подземных потребителей. Приведены результаты моделирования в виде зависимостей по ряду параметров, дана их оценка и предложены рекомендации по повышению эффективности функционирования системы электроснабжения машин и оборудования поверхностного комплекса угольной шахты.

Ключевые слова: угольная шахта, горные машины, шахтная подъемная установка, система электроснабжения, качество электрической энергии, энергоэффективность, моделирование.

Для цитирования: Повышение эффективности функционирования горных машин угольных шахт / С.С. Кубрин, И.М. Загоршменный, С.Н. Решетняк и др. // Уголь. 2024;(4):83-87. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-83-87.

Abstract

The publication presents the results of a study of the influence of the generation of powerful mining machines of the surface complex of a coal mine on the efficiency of the electrical system. A simulation model of the electrical system of a coal mine is described, which makes it possible to assess the influence of higher harmonic components generated by powerful nonlinear consumers on the surface on the quality parameters of electrical energy of underground consumers. The simulation results are presented in the form of dependencies on a number of parameters, their assessment is given

КУБРИН С.С.

Доктор техн. наук, профессор,
ученый секретарь ИПКОН РАН,
заведующий лабораторией 2.2 «Геотехнологических
рисков при освоении газоносных угольных
и рудных месторождений» ИПКОН РАН,
111020, г. Москва, Россия

ЗАКОРШМЕННЫЙ И.М.

Доктор техн. наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории 2.2
«Геотехнологических рисков при освоении газоносных
угольных и рудных месторождений» ИПКОН РАН,
111020, г. Москва, Россия

РЕШЕТНЯК С.Н.

Канд. техн. наук, доцент,
старший научный сотрудник лаборатории 2.2
«Геотехнологических рисков при освоении газоносных
угольных и рудных месторождений» ИПКОН РАН,
доцент кафедры «Энергетика и энергоэффективность
горной промышленности» НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: reshetniak@inbox.ru

МАКСИМЕНКО Ю.М.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Геотехнология» НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия

and recommendations are proposed to improve the efficiency of the power supply system for machinery and equipment of the surface complex of a coal mine.

Keywords

Coal mine, mining machines, mine lifting installation, power supply system, quality of electrical energy, energy efficiency, modeling.

For citation

Kubrin S.S., Zakorshmenny I.M., Reshetnyak S.N., Maksimenko Yu.M. Increasing operational efficiency of mining machines in coal mines. *Ugol'*. 2024;(4):83-87. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-83-87.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время доля угля в энергетическом балансе Российской Федерации находится на стабильно высоком месте и в ближайшее время снижение ее не прогнозируется [1, 2]. Это обусловлено рядом факторов, в том числе значительными объемами угля, который экспортируется за рубеж. В связи с этим Правительством Российской Федерации была разработана и утверждена Стратегия развития горнодобывающей отрасли России до 2035 года, в которой прописаны основные этапы. Одним из этапов этой стратегии является снижение издержек на добычу угля подземным способом за счет снижения себестоимости добычи. Это может быть достигнуто путем использования современного высокотехнологического оборудования, в том числе со значительным числом преобразовательной техники либо значительными мощностями нелинейных потребителей, входящих в его состав [3, 4, 5, 6]. В связи с этим возникает актуальная научная задача в области повышения уровня электромагнитной совместимости (качества электрической энергии) в электротехнических системах угольных шахт, а именно, оценка влияния генерации мощных нелинейных потребителей на эффективность функционирования электротехнической системы угольных шахт.

Вопросам повышения параметров качества электрической энергии для общепромышленных предприятий, для предприятий нефтегазового комплекса уделено достаточно большое внимание [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17], однако данные вопросы были рассмотрены недостаточно в условиях электротехнических систем угольных шахт, в том числе шахт высокой производительности. Это обусловлено рядом технологических факторов добычи угля подземным способом, а также особенностями построения систем электроснабжения. К технологическим факторам следует отнести особенности аэрогазовой обстановки в подземных горных выработках, особенно для угольных шахт, опасных по внезапным выбросам газа и пыли, а также отсутствие возможности использования общепринятых методик и общепромышленного оборудования [18, 19]. Особенности построения систем электроснабжения угольных шахт заключаются в различных режимах нейтрали, которые используются одновременно. В частности, на поверхности угольной шахты используется режим глухозаземленной нейтрали, в подземных горных выработках используется режим изолированной нейтрали.

Отметим, что несоответствие параметров качества электрической энергии вызывает повышенный нагрев электродвигателей, силовых трансформаторов, кабелей, а также сбои в работе устройств управления и защиты [20, 21].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из способов оценки влияния высших гармонических составляющих в системе электроснабжения, в том числе, системе электроснабжения угольной шахты, являются имитационное моделирование и сравнение его результатов с результатами экспериментальных исследований для оценки адекватности модели.

Широкое применение для электроснабжения угольных шахт находят две системы: с использованием двухобмоточных силовых трансформаторов на ГПП (главная понижающая подстанция) и с использованием трехобмоточных силовых трансформаторов. В качестве примера в публикации рассмотрена система электроснабжения с двухобмоточными силовыми трансформаторами. Для разработки модели была построена структурная схема системы электроснабжения угольной шахты с использованием двухобмоточных трансформаторов на ГПП (рис. 1). Анализ схем электроснабжения угольных шахт высокой производительности позволил определить наиболее распространенные из них, это одногоризонтная схема со скважинами для питания фланговых подземных потребителей.

В ее состав входит ряд подземных потребителей угольной шахты: два проходческих участка (ПУ1 и ПУ2); выемочный участок (ВУ); участок шахтного конвейерного транспорта (УКТ); участок водоотлива (УВ); обособленная нагрузка околоствольного двора (ОНПОД 1 и ОНПОД 2). В качестве потребителей поверхности выступают: две шахтные подъемные установки (ШПУ1 и ШПУ2); два вентилятора главного проветривания (ГВУ1 и ГВУ2); обособленная нагрузка потребителей поверхностного комплекса (ОНППК 1 и ОНППК 2). Следует отметить, что проходческий участок (ПУ2) получает питание через скважину, расположенную на фланге шахтного поля, транспортировка электроэнергии до скважины осуществляется, как правило, по воздушной линии.

На рис. 2 представлена имитационная модель системы электроснабжения угольной шахты для оценки влияния

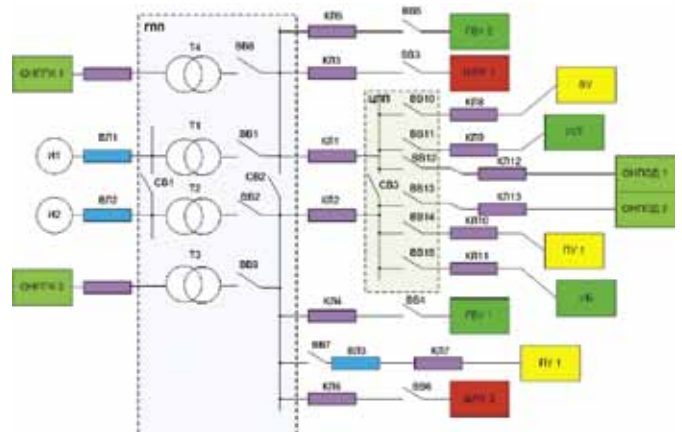


Рис. 1. Структурная схема электроснабжения угольной шахты
Fig. 1. A structural diagram of the power supply system in a coal mine

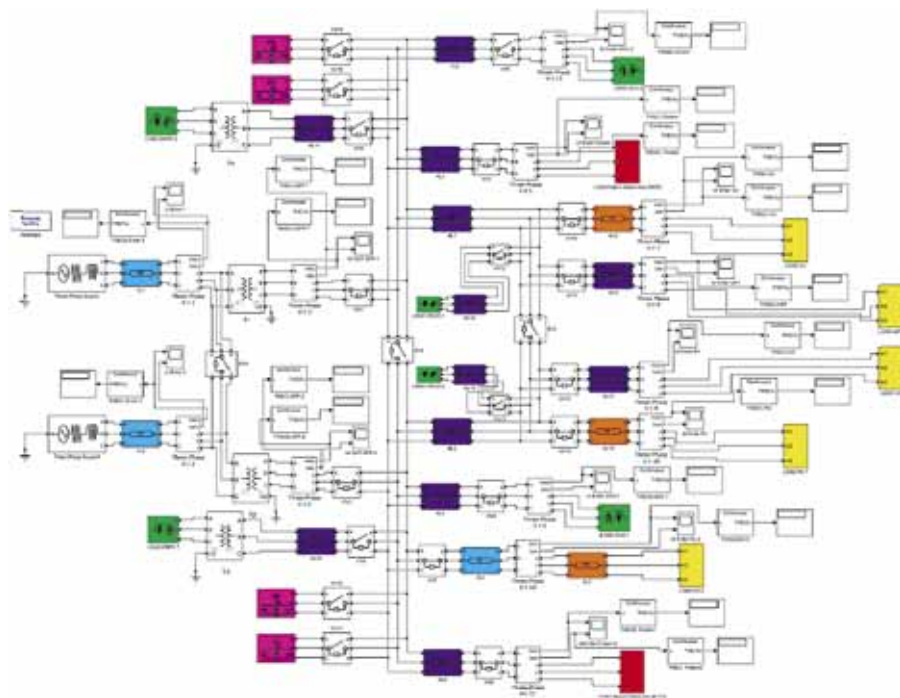


Рис. 2. Имитационная модель системы электроснабжения угольной шахты для оценки влияния высших гармонических составляющих потребителей поверхности на параметры качества электрической энергии в подземных электрических сетях

Fig. 2. A simulation model of the coal mine power supply system to assess the effects of higher harmonic components of the day surface consumers on the quality parameters of electrical energy in underground power networks

высших гармонических составляющих потребителей поверхности на параметры качества электрической энергии в подземных электрических сетях. В состав модели входят: два источника напряжением 110 кВ; два силовых трансформатора 110/6; коммутационные аппараты; воздушные и кабельные линии; подсистемы, имитирующие работу основных технологических участков угольных шахт.

Адекватность модели составляет 0,9, что подтверждается сравнением результатов моделирования с результатами экспериментальных исследований, проведенных на высокопроизводительных угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс».

Характеристика потребителей электроэнергии угольной шахты (см. таблицу) позволила определить источник генерации высших гармонических составляющих – мощные нелинейные потребители, которые в значительной степени влияют на параметры качества электрической энергии

Характеристика потребителей электроэнергии угольной шахты

Characteristics of coal mine electricity consumers

Вид потребителей	Доля в балансе мощности, %	Вид нагрузки
Потребители поверхности	5	Линейная
Водоотлив	10	Линейная
Вентиляционные установки	20	Линейная
Конвейерный транспорт	20	Линейная
Подъемные установки	20	Нелинейная
Выемочный участок	20	Нелинейная
Проходческий участок	5	Нелинейная

($P_{н.п.}$) и длина кабельной линии от ЦПП (Центральная подземная подстанция) до выемочного участка ($L_{кл.ву}$). Анализ результатов позволил сделать заключение о значительном превышении уровня суммарного коэффициента гармонических искажений по напряжению THD(U) как для потребителей на поверхности, так и значительного влияния на подземных потребителей угольных шахт, получающих питание от одних шин ГПП. При нормируемом параметре THD(U) для напряжения 6 кВ – 5% (ГОСТ 32144-2013), данный параметр превышает это значение по всему диапазону мощностей подъемных установок.

Это позволило обосновать необходимость введения в систему электроснабжения дополнительных устройств повышения показателей качества электрической энергии в виде пассивных фильтров высших гармоник на шинах ГПП.

Результаты имитационного моделирования с использованием пассивного фильтра представлены в виде трехмерных (рис. 5) и двухмерные (рис. 6) зависимостей уровня суммарного коэффициента гармонических искажений THD(U) на шинах ГПП от мощности ФКУ (фильтрокомпенсирующих устройств) ($Q_{фку}$) и мощности нелинейных потребителей поверхности (шахтных подъемных установок) ($P_{н.п.}$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате оценки влияния высших гармонических составляющих мощных нелинейных потребителей поверхности на эффективность функционирования электротехнической системы угольных шахт можно сделать заключение о необходимости гальванической развязки питания мощных

во всей электротехнической сети – это шахтные подъемные установки (ШПУ). В системе электропривода ШПУ (редукторной или безредукторной) используются двигатели постоянного тока (однодвигательная или двухдвигательная схема), получающие питание от управляемых выпрямителей.

Анализ систем управления электроприводом шахтных подъемных установок показал, что преобладающей по отношению к другим используемым является система «Управляемый выпрямитель – Двигатель постоянного тока», поэтому эта система представлена в имитационной модели в качестве нелинейной нагрузки поверхностного комплекса угольной шахты.

Моделирование проведено путем изменения параметров мощности нелинейных потребителей поверхностного комплекса (подъемных установок) и длины кабельной линии к выемочному участку. Результаты моделирования представлены в виде трехмерных (рис. 3) и двухмерных (рис. 4) зависимостей уровня суммарного коэффициента гармонических искажений THD(U) на шинах ГПП от параметров: мощность подъемной установ-



Рис. 3. Результаты моделирования $(THD(U)_{гпп} = f(P_{н.п.п.}, L_{кв.ву.}))$
 Fig. 3. Simulation results $(THD(U)_{гпп} = f(P_{н.п.п.}, L_{кв.ву.}))$

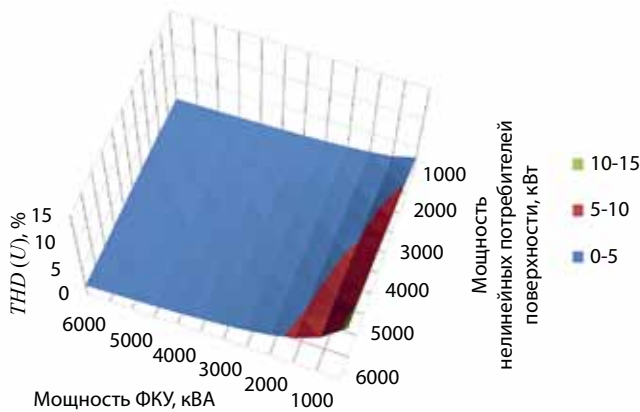


Рис. 5. Результаты моделирования $THD(U)_{гпп} = f(P_{н.п.п.}, Q_{фку})$
 Fig. 5. Simulation results of $THD(U)_{гпп} = f(P_{н.п.п.}, Q_{фку})$

нелинейных потребителей (горных машин) с прочей нагрузкой. Также возможно использование фильтр-компенсирующих устройств, основные параметры которых получены в результате моделирования системы электроснабжения угольной шахты с целью ограничения влияния высших гармонических составляющих на потребителей, включая подземных.

Список литературы • References

1. Рубан А.Д., Артемьев В.Б., Забурдяев В.С., Забурдяев Г.С., Руденко Ю.Ф. Проблемы обеспечения высокой производительности очистных забоев в метанообильных шахтах. М.: Издательство ООО «Московский издательский дом», 2009. 396 с.
2. Meshkov A.A., Kazanin O.I., Sidorenko A.A. Improving the efficiency of the technology and organization of the longwall face move during the intensive flat-lying coal seams mining at the kuzbass mines. *Journal of Mining Institute*. 2021;(5):342-350. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.3.
3. Панов Ю.П., Грабский А.А., Рожков А.А. Современное состояние и перспективы развития цифровых технологий в угольной промышленности России // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2023. № 5. С. 8-21. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-8-21>.
 Panov Yu.P., Grabsky A.A., Rozhkov A.A. Current state and prospects for digitalization of the Russian coal industry. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Geologiya i razvedka*. 2023;(5): 8-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-8-21>
4. Копылов К.Н., Кубрин С.С., Решетняк С.Н. Актуальность повышения уровня энергоэффективности и безопасности выемочного участка угольной шахты // Уголь. 2018. № 10. С. 66-70. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-66-70.
 Kopylov K.N., Kubrin S.S., Reshetnyak S.N. The importance of improving energy efficiency and safety of coal mine extraction area. *Ugol*. 2018;(10):66-70. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-66-70.

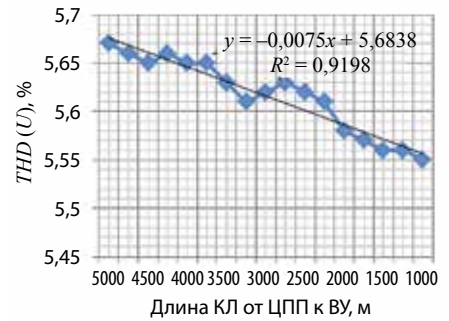


Рис. 4. Результаты моделирования системы электроснабжения угольной шахты (двухмерные зависимости)

Fig. 4. Simulation results of the power supply system in a coal mine (two-dimensional relationships)

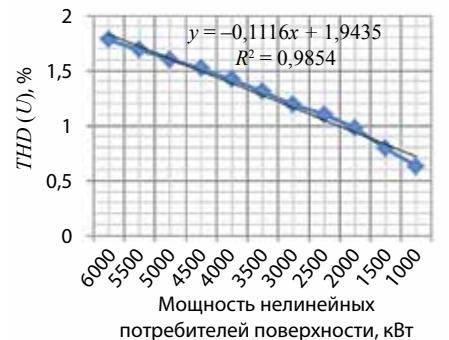
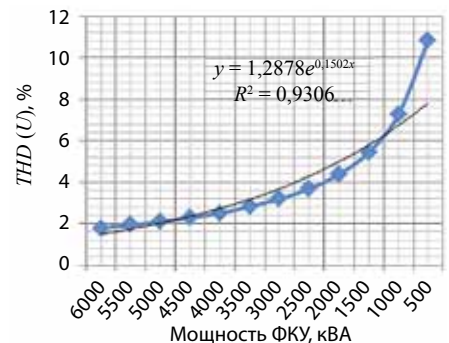


Рис. 6. Результаты моделирования системы электроснабжения угольной шахты (двухмерные зависимости)

Fig. 6. Simulation results of the coal mine power supply system (two-dimensional relationships)

5. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Blokhin D.I. The simulation of the excavation sites of coal mines. Mining Goes Digital – Proceedings of the 39th international symposium on Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry. London, Taylor & Francis Group, 2019, pp. 473-480. DOI: 10.1201/9780429320774-54.
6. 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.
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):46-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-46-49.
7. Patterson S.R., Kozan E.A., Hyland P.B. An integrated model of a coal mine: Improving energy efficiency decisions. *International Journal of Production*. 2016;54(14):4213-4227. DOI: 10.1080/00207543.2015.1117150.
8. Yu B. Industrial structure, technological innovation, and total-factor energy efficiency in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021;27(8):8371-8385. DOI: 10.1007/s11356-019-07363-5.
9. Huang H., Liang R., Lu C., Gong D., Yin S. Two-stage robust stochastic scheduling for energy recovery in coal mine integrated energy system. *Applied Energy*. 2021;(290). DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116759.
10. Kumar M., Maity T., Kirar M.K. Energy-use assessment and energy-saving potential analysis in an underground coal mine: A case study. IEEE Kansas Power and Energy Conference, KPEC 2021. DOI: 10.1109/KPEC51835.2021.9446232.
11. Nazarychev A.N., Dyachenok G.V., Sychev Yu.A. A reliability study of the traction drive system in haul trucks based on failure analysis of their functional parts. *Journal of Mining Institute*. 2023;(261): 363-373.
12. Sychev Yu.A., Nazarychev A.N., Dyachenok G.V. Improving the Labor Safety of Mining Dump Truck Drivers by Reducing the Risk of Failure of the Functional Units of the Traction Electric Drive under Operating Conditions. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti*. 2023;9:52-58. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-9-52-58.
13. Sychev Yu.A., Aladin M.E. Overall performance analysis of general-purpose power quality controls on the basis of active converters in nonlinearly loaded industrial power lines. *Gornyj Informatsionno-Analiticheskij Byulleten*. 2023;(11):159-181. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-11-0-159.
14. Abramovich B.N., Sychev Yu.A., Kuznetsov P.A., Zimin R.Yu. Efficiency Estimation of Hybrid Electrotechnical Complex for Non-Sinusoidal Signals Level Correction in Autonomous Power Supply Systems for Oil Fields. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, Vol. 194, Article number 052001.
15. Abramovich B.N., Sychev Yu.A., Pelenev D.N. Invariant protection of high-voltage electric motors of technological complexes at industrial enterprises at partial single-phase ground faults. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, Vol. 327, Is. 5, Article number 052027.
16. Abramovich B.N., Sychev Yu.A. Shunt active correction system analysis in conditions of industrial enterprises networks. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016;11(4):2640-2645.
17. Prokhorova V.B., Sychev Yu.A. The control system on the base of signal processing for power quality improvement in electrotechnical complexes of alternative and renewable power sources, In Proceedings of 2016 XV International Symposium Problems of Redundancy in Information and Control Systems (REDUNDANCY), 26-29 September 2016, pp. 119-124.
18. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V., Kolikov K.S. Aerological risk management in designing, operation, closure and temporary shutdown of coal mines. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten*. 2020;(6):85-94. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-85-94.
19. Скопинцева О.В., Баловцев С.В. Контроль качества атмосферного воздуха на угольных шахтах на основе статистики газового мониторинга // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 1. С. 78-89. DOI: 10.25018 / 0236-1493-2021-1-0-78-89.
Skopintseva O.V., Balovtsev S.V. Control of atmospheric air quality at coal mines based on gas monitoring statistics. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten*. 2021;(1):78-89. (In Russ.). DOI: 10.25018 / 0236-1493-2021-1-0-78-89.
20. Плащанский Л.А., Решетняк М.Ю. Анализ гармонического состава в электрических сетях понизительных подстанций угольных шахт // Горный журнал. 2020. № 5. С. 63-67. DOI:10.17580/gzh.2020.05.11.
Plashchansky L.A., Reshetnyak M.Yu. Analysis of harmonic structure in electric networks of step-down substations coal mines. *Gornyj zhurnal*. 2020;(5):63-67. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2020.05.11.
21. Плащанский Л.А., Решетняк М.Ю. Условия возникновения резонансных явлений в системе подземного электроснабжения выемочных участков угольных шахт // Горный журнал. 2021. № 9. С. 65-71. DOI: 10.17580/gzh.2021.09.12.
Plashchansky L.A., Reshetnyak M.Yu. Conditions for the occurrence of resonance phenomena in the underground power supply system of coal extraction sections of coal mines. *Gornyj zhurnal*. 2021;(9): 65-71. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2021.09.12.

Authors Information

Kubrin S.S. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academic Secretary of IPKON RAS, Head of the Laboratory 2.2 “Geotechnological risks in the development of gas-bearing coal and ore deposits” of Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, 111020, Russian Federation

Zakorshmenniy I.M. – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Leading researcher of the Laboratory 2.2 “Geotechnological risks in the development of gas-bearing coal and ore deposits” of Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, 111020, Russian Federation

Reshetnyak S.N. – PhD (Engineering), Associate Professor, Senior Researcher of the Laboratory 2.2 “Geotechnological risks in the development of gas-bearing coal and ore deposits” of Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, 111020, Russian Federation, Associate Professor of the Department “Energy and Energy Efficiency of Mining Industry” of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: reshetniak@inbox.ru

Maksimenko Yu.M. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geotechnology of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 20, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 622.678.53 © Ж.А. Нишонова✉, С. Гылымұлы, Т.С. Беляева,
В.С. Рыжиков, 2024

UDC 622.678.53 © Zh.A. Nishonova✉, S. Gylymuly, T.S. Belyaeva,
V.S. Ryzhikov, 2024

Горный институт НИТУ МИСИС, 119049 Москва, Россия,
✉ e-mail: m1707439@edu.misis.ru

Mining Institute of National University
of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"),
Moscow, 119049, Russian Federation
✉ e-mail: m1707439@edu.misis.ru

Моделирование подвешного устройства скипа подъемной установки с резиновтросовым тяговым органом

Modelling of the suspension gear for a skip of mine hoist with the rubber rope traction device

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-88-91>

НИШОНОВА Ж.А.

Аспирант кафедры горного оборудования,
транспорта и машиностроения Горного
института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: m1707439@edu.misis.ru

ГЫЛЫМУЛЫ С.

Аспирант кафедры горного оборудования,
транспорта и машиностроения Горного
института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: m1606832@edu.misis.ru

БЕЛЯЕВА Т.С.

Аспирант кафедры горного
оборудования, транспорта и машиностроения
Горного института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: ts.shitikova@yandex.ru

РЫЖИКОВ В.С.

Магистрант кафедры горного оборудования,
транспорта и машиностроения
Горного института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: m2207576@edu.misis.ru

В данной работе выполнен обзор современных исследований относительно рудничного подъема, на основании чего определено, что существующие конструкции подвешных устройств требуют модернизации применительно к подъемным установкам с резиновтросовыми тяговыми органами. В связи с этим авторами предложена оригинальная конструкция подвешного устройства. Для оценки ее параметров в программе SolidWorks была создана цифровая модель. В работе выполнена серия экспериментов, на основании чего получены зависимости максимальных напряжений в наиболее ответственной детали – кронштейне подвешного устройства от его конструктивных параметров при различных рабочих нагрузках, соответствующих условиям эксплуатации в составе рудничной подъемной установки с резиновтросовым тяговым органом.

Ключевые слова: подъемные установки, скипы, цифровое моделирование, подвешное устройство, резиновтросовые канаты.

Для цитирования: Моделирование подвешного устройства скипа подъемной установки с резиновтросовым тяговым органом / Ж.А. Нишонова, С. Гылымұлы, Т.С. Беляева и др. // Уголь. 2024;(4):88-91. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-88-91.

Abstract

This paper provides a review of the current research on mine hoists, which helped to determine that the existing designs of suspension gear require upgrading when applied to hoisting systems with the rubber rope traction devices. In this connection the authors propose an original design of the suspension gear. A digital model has been created in SolidWorks software to estimate its parameters. The research included a series of tests, which results

allowed obtaining the dependences of maximum stresses in the most critical part, i.e. the suspension bracket, on its design parameters under various service loads corresponding to the operating conditions of a mine hoist with a rubber rope traction device.

Keywords

Hoisting installations, Skips, Digital modelling, Suspension gear, Rubber ropes.

For citation

Nishonova Zh.A., Gylymuly S., Belyaeva T.S., Ryzhikov V.S. Modelling of the suspension gear for a skip of mine hoist with the rubber rope traction device. *Ugol'*. 2024;(4):88-91. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-88-91.

ВВЕДЕНИЕ

Важной задачей в области горного машиностроения является повышение эффективности оборудования на всех участках горного производства [1, 2, 3, 4]. В качестве одной из задач применительно к подземным горным предприятиям [5, 6, 7, 8] можно рассматривать участок рудничного подъема [9, 10, 11]. Из анализа установлено, что, несмотря на ряд преимуществ подъемных установок с ленточными тяговыми органами [12, 13], до сих пор не разработаны их основные узлы: подъемные машины, тормозные системы, подвесные устройства, направляющие для скипов и т.д.

Обоснование условий применения лент на рудничном подъеме приводилось в работах [14, 15]. Авторами установлено увеличение эффективности и безопасности эксплуатации оборудования рудничного подъема с использованием лент при уменьшении массы, габаритов подъемных машин и энергопотребления, при повышении технического ресурса тяговых органов и их грузоподъемности. Прежде чем внедрять в производство модернизированное оборудование, необходимо обоснование его конструктивных и эксплуатационных параметров с использованием инженерных инструментов математического [16, 17], цифрового и физического моделирования [18, 19].

В частности, относительно рудничного подъема с ленточными тяговыми органами предприняты попытки применения цифрового моделирования таких узлов, как барабан подъемной машины [15] и тормозные устройства [12, 20]

Выполненный обзор существующих конструкций подвесных устройств подъемных сосудов позволил провести оценку возможности их функционирования с резинокроссовыми тяговыми органами, а также предложить одну из возможных конструкций для использования на модернизированной подъемной установке.

Новая конструктивная модель подвесного устройства с клиновым зажимом, предлагаемого для скипов подъемных установок с резинокроссовым тяговым органом, представлена на *рис. 1*.

Подвесное устройство состоит из барабана 2, в котором резинокроссовый канат 1 зажимается клином 3. Барабан 2 при помощи шкворней 4 монтируется с одной степенью свободы на кронштейне 5. Скип крепится к нижней части кронштейна.

Для изучения конструкции подвесного устройства была создана его цифровая модель (*рис. 2*), и в программном комплексе SolidWorks применен метод конечных элементов [21, 22] для исследования напряженно-деформированного состояния подвесного устройства под нагрузками, имитирующими его эксплуатацию в составе рудничной подъемной установки.

Имитационное моделирование рассматриваемого устройства с помощью метода конечных элементов позволило получить эпюры напряжений, деформаций и запасов прочности для кронштейна подвесного устройства. На эпюре (*см. рис. 2*) показан результат моделирования применительно к величине динамического усилия $F_p = 400$ кН, приходящегося на подвесное устройство скипа.

Созданная цифровая модель позволила провести серию имитационных экспериментов с варьированием динамических усилий, а также при изменении конструктивных параметров кронштейна подвесного устройства. В первую очередь требовалась проверка места крепления шкворня к кронштейну подвесного устройства.

Серия цифровых экспериментов позволила получить графики максимальных напряжений при различных усилиях (*рис. 3*).

Из графиков следует, что увеличение диаметра отверстий (шкворней) приводит к понижению максимальных

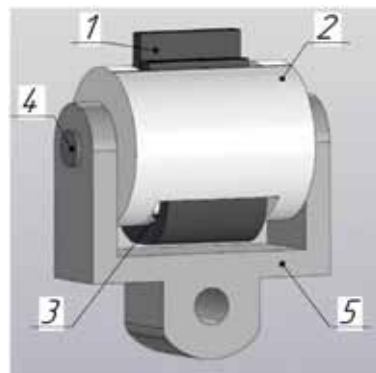


Рис. 1. Конструкция подвесного устройства
Fig. 1. Design of the suspension gear

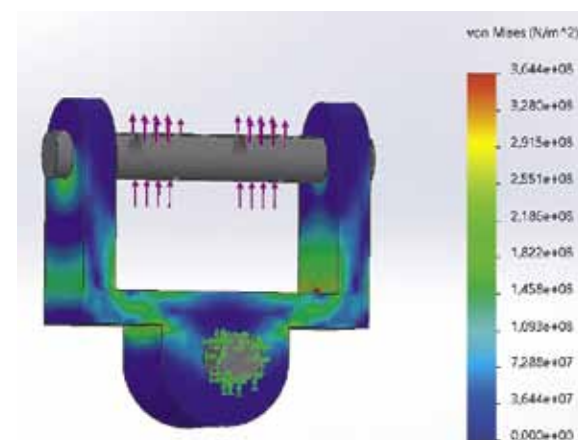


Рис. 2. Цифровая модель подвесного устройства и пример эпюры напряжений при эксплуатационной нагрузке
Fig. 2. A digital model of the suspension gear and an example of the stress envelope under service loads

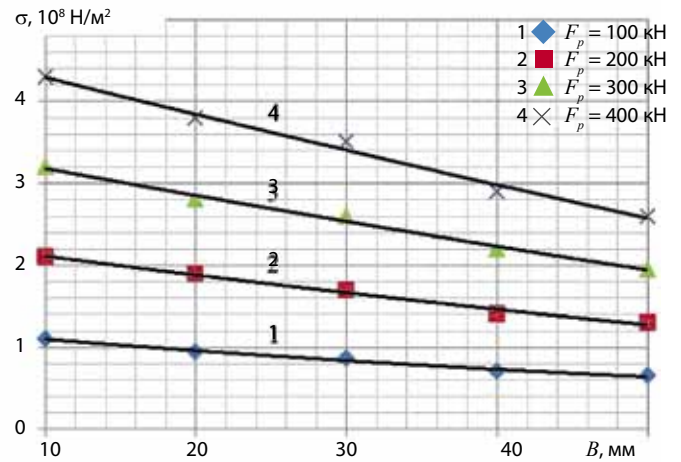
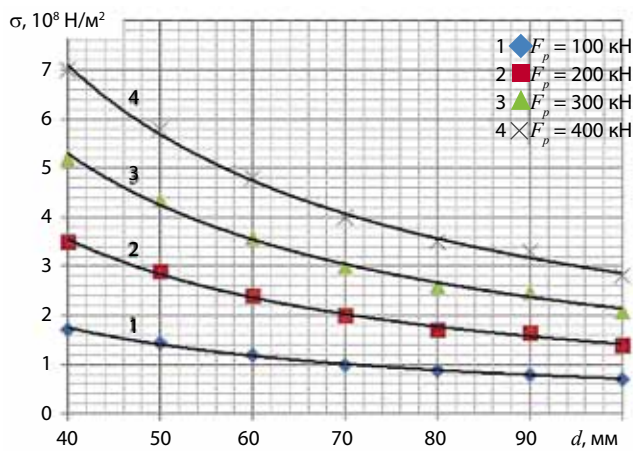


Рис. 3. Зависимости максимальных напряжений σ от диаметра монтажных отверстий d (а) и толщины проушин B (б) при изменении усилий F_p
 Fig. 3. Dependences of maximum stresses σ on the diameter of the mounting ports d (a) and the thickness of the lifting eyes B (б) under varying forces F_p

напряжений σ в области контакта шкворней и проушин кронштейна.

Из графика (см. рис. 3, б) следует, что с увеличением толщины проушин B максимальные напряжения σ в кронштейне уменьшаются. Стоит отметить, что увеличение толщины проушин B существенно повышает массу кронштейна, в рассматриваемом случае – не менее чем в 1,5 раза. С учетом полученных зависимостей можно оценить конструктивные параметры кронштейна подвешенного устройства в зоне допустимых напряжений для выбранной стали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных в данной работе результатов можно проектировать подвешенные устройства рудничных подъемных установок с резиновыми тяговыми органами. При этом будут учитываться эксплуатационные нагрузки на оборудование, конструктивные особенности подъемной машины и режимы работы подъемных установок.

Список литературы • References

- Galkin V. I., Sheshko E. E., Dyachenko V. P., Sazankova E.S. The main directions of increasing the operational efficiency of high productive belt conveyors in the mining industry. *Eurasian Mining*. 2021;(2): 64-68. DOI: 10.17580/em.2021.02.14.
- Rakhutin M., Kashirsky A., Lagunova Y. Calculation of productivity of multi-section trawls for extraction of ferromanganese nodules. *E3S Web of Conferences*. 2020;(177). DOI: 10.1051/e3sconf/202017703010.
- Muminov R.O., Kuziev D.A., Zotov V.V., Sazankova E.S. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining: A case-study. *Eurasian Mining*. 2022;(1):76-80. DOI: 10.17580/em.2022.01.16.
- Kouziyev D., Krivenko A., Chezganova D., Blumensteiun V. Sensing of dynamic loads in the open-cast mine combine. *E3S Web of Conferences*. 105(2):03014. DOI: 10.1051/e3sconf/201910503014.
- Формализация процесса выбора технологий отработки месторождений полезных ископаемых / П.А. Каунг, В.В. Зотов,

- М.А. Гаджиев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 2. С. 124-138. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-2-0-124.
- Kaung P.A., Zotov V.V., Gadzhiev M.A., Artemov S.I., Gireev I.A. Formalization of selection procedure of mineral mining technologies. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2022;(2):124-138. (In Russ). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-2-0-124.
- Shaforostova E.N., Kosareva-Volod'ko O.V., Belyankina O.V., Solovykh D.Y., Sazankova E.S., Sizova E.I., Adigamov D.A. A Tailing Dump as Industrial Deposit; Study of the Mineralogical Composition of Tailing Dump of the Southern Urals and the Possibility of Tailings Re-Development. *Resources*. 2023;12(2):28. DOI: 10.3390/resources12020028.
- Оптимизация параметров шахт при отработке запасов угля в сложных горно-геологических условиях / А.В. Джигрин, В.В. Мельник, М.Г. Лупий и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 537. С. 3-11. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-37-3-11.
- Dzhigrin A.V., Melnik V.V., Lupiy M.G., Bakin V.A. Optimization of mines parameters when mining coal reserves in difficult mining and geological conditions. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;11/37:3-11. (In Russ). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-37-3-11.
- Gerike B., Drozdenko Y., Kuzin E. et al. Formation of Comprehensive Service System of Belt Conveyor Gearboxes. *E3S Web of Conferences*. 2018;(41):03011. DOI: 10.1051/E3SCONF/20184103011.
- Опыт эксплуатации шахтных подъемных установок, оснащенных системами непрерывного контроля / Г.Д. Трифанов, А.А. Князев, А.П. Филатов и др. // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 6. С. 52-58. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-6-52-58.
- Trifanov G.D., Knyazev A.A., Filatov A.P., Lauk V.V. Experience of operation of mine lifting installations equipped with continuous monitoring systems. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2019;(6):52-58. (In Russ). DOI: 10.24000/0409-2961-2019-6-52-58.
- Ermolovich E.A., Ivannikov A.L., Kongar-Syuryun C.B. et al. Creation of a Nanomodified Backfill Based on the Waste from Enrichment of Water-Soluble Ores. *Materials*. 2022;15(10). DOI: 10.3390/ma15103689.

11. Reshetnyak S., Maksimenko Y., Zakharova A. Investigation of the electric drive system of the lifting unit with parallel coordinate correction. *E3S Web of Conferences*. 2021;(315):1-5. DOI: 10.1051/e3sconf/202131503028.
12. Гылымұлы С., Тиагалиева Ж.А., Белянкина О.В., Беляев А.М. Разработка имитационной модели торможения шахтной подъемной установки в системе Matlab // Уголь. 2022. № 10. С. 50-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-50-54.
Gylymuly S., Tiagalieva Zh.A., Belyankina O.V., Belyaev A.M. Developing a simulation model for braking a mine hoist in the Matlab software. *Ugol'*. 2022;(10):50-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-50-54.
13. Горнопроходческие подъемные машины в технологических процессах разработки месторождений на больших глубинах / А.И. Курочкин, С.В. Подболотов, Б.М. Габбасов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 538. С. 3-15. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-38-3-15.
Kurochkin A.I., Podbolotov S.V., Gabbasov B.M., Romanko E.A., Tububaeva M.F. Mining lifting machines in the technological processes of field development at great depths. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;11/38:3-15. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-38-3-15.
14. Перекутнев В.Е., Зотов В.В. Сравнительная оценка резиноросовых канатов для рудничных вертикальных подъемных установок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 7. С. 85-93. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-85-93.
Perekutnev V.E., Zotov V.V. Comparative assessment of rubber steel cables for vertical mine hoists. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;(7):85-93. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-85-93.
15. Перекутнев В.Е., Зотов В.В. Моделирование приводных шкивов подъемных установок с резиноросовыми канатами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 6. С. 105-114. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-105-114.
Perekutnev V.E., Zotov V.V. Modeling drive wheels of hoisting machines with rubber cables. *MIAB. Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;(6):105-114. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-105-114.
16. Bardovskiy A.D., Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A., Basyrov I.I. Analysis of operation features of sizing screen with parametric excitation. *Eurasian Mining*. 2021;(1):61-64. DOI: 10.17580/em.2021.01.12.
17. Разработка модели оценки эффективности системы охлаждения рабочей жидкости гидравлического карьерного экскаватора / З.К. Хань, А.Е. Кривенко, Е.Ю. Пудов и др. // Горный журнал. 2021. № 12. С. 64-69. DOI: 10.17580/gzh.2021.12.12.
Giang Quoc Khanh, Krivenko A.E., Pudov E.Yu., Kuzin E.G. Performance evaluation model for power fluid cooling system of hydraulic excavators. *Gornyi zhurnal*. 2021;12:64-69. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2021.12.12.
18. Pleshko M.S., Pankratenko A.N., Pleshko M.V., Nasonov A.A. Assessment of stress-strain behavior of shaft lining in bottomhole area during sinking by real-time monitoring and computer modeling data. *Eurasian Mining*. 2021;(1):25-30. DOI: 10.17580/em.2021.01.05.
19. 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. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-286-294.
Kubrin S.S., Reshetnyak S.N., Zakorshmennyy I.M., Karpenko S.M. Simulation modeling of equipment operating modes of complex mechanized coal mine face. *Ustojchivoe razvitie gornyx territorij*. 2022;14(2):286-294. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-286-294.
20. Цифровая модель тормозного поста мента рудничной подъемной установки с резиноросовым тяговым органом / С. Гылымұлы, Л.И. Кантович, Ж.А. Тиагалиева и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6. С. 62-76. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-6-0-62.
Gylymuly S., Kantovich L.I., Tiagalieva Z.A., Belyankina O.V. Digital model of brake plinth of mine hoist with rubber cable pulling equipment. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2022;(6):62-76. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-6-0-62.
21. Gubanov S., Petsyk S., Komissarov A. Simulation of stresses and contact surfaces of disk rolling cutters with the rock when sinking in mixed soils. *E3S Web of Conferences*. 2020;177:1-5. DOI: 10.1051/e3sconf/202017703008.
22. Зиборова Е.Ю., Мнацакянян В.У. Обоснование геометрических параметров футеровочных пластин приводного барабана ленточного конвейера // Горные науки и технологии. 2022. № 7(2). С. 170-179. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-170-179.
Ziborova E.Yu., Mnatsakanyan V.U. Justification of geometrical parameters of lining plates for a belt conveyor drive drum. *Gornye nauki i tekhnologii*. 2022;7(2):170-179. (In Russ.). DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-170-179.

Authors Information

Nishonova Zh.A. – Postgraduate Student of Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: m1707439@edu.misis.ru

Gylymuly S. – Postgraduate Student of Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: m1606832@edu.misis.ru

Belyaeva T.S. – Postgraduate Student of Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: ts.shitikova@yandex.ru

Ryzhikov V.S. – Master’s student, Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: m2207576@edu.misis.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 25, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

Оптимизация параметров сечения укосины для стальных укосных копров многофункционального назначения

Parameter optimization of the jib cross-section for the multi-purpose steel head frames

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-92-97>

КАССИХИНА Е.Г.

Канд. техн. наук, доцент кафедры
физических процессов
и строительной геотехнологии
освоения недр
Горного института ФГБОУ ВПО
«Кузбасский государственный
технический университет
им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kalena-07@mail.ru

СИРОТА Д.Ю.

Канд. техн. наук, доцент кафедры
физических процессов
и строительной геотехнологии
освоения недр
Горного института ФГБОУ ВПО
«Кузбасский государственный
технический университет
им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия

Существующие расчеты конструктивных элементов укосных стальных надшахтных копров включают в себя расчет укосины, который сводится к определению внутренних усилий с последующими проверками по предельным состояниям по аналогии с балками постоянного сечения. Так как изгибающие моменты обычно меняются по длине укосины неравномерно, подбирая ее сечение по наибольшему изгибающему моменту, получают излишний запас материала во всех сечениях укосины, которому соответствует максимальное значение момента. Такой подход не позволяет получить конструкцию минимальной материалоемкости, так как сечение постоянно по всей длине укосины и рассчитано на максимальные усилия, характерные лишь для небольшого участка. Для получения рационального сечения укосины нужно стремиться к тому, чтобы по возможности наибольший объем материала работал при напряжениях, равных допускаемым или близким к ним. В предложенной укосине переменного по высоте сечения эффективность достигается оптимизацией его размеров в соответствии с эпюрами внутренних усилий. Для расчета таких конструкций используется метод разбиения всего элемента на более мелкие стержневые элементы постоянной жесткости. Большинство программных комплексов по расчету конструкций не обладает возможностью автоматизированного ввода для таких сечений. Необходимо обосновать выбор различных вариантов проектных решений для формирования блока входных параметров для автоматизированного расчета для укосин переменного сечения. Научное значение предложенного технического решения заключается в том, что сформировано пространство взаимно влияющих переменных проектирования применительно к задаче минимизации веса конструкции укосины копра многофункционального назначения. Получена формула для определения множества пар оптимальных значений независимых проектных переменных, применимая для формирования блока входных параметров для автоматизированного расчета укосин переменного сечения.

Практическая значимость заключается в реализации упрощенного поиска оптимальных параметров сечения укосины путем визуального анализа полученных графиков, позволяющих получить множество приемлемых альтернативных проектов в рамках установленных проектных критериев.

Ключевые слова: стальные укосные копры, стальные укосные копры многофункционального назначения, сварные конструкции переменного сечения.

Для цитирования: Кассихина Е.Г., Сирота Д.Ю. Оптимизация параметров сечения укосины для стальных укосных копров многофункционального назначения // Уголь. 2024;(4):92-97. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-92-97.

Abstract

The existing calculations of the structural elements of steel headframes include the calculation of the headframe, which is reduced to the determination of internal forces with subsequent checks for limit states by analogy with beams of constant cross section. Since bending moments usually vary unevenly along the length of the jib, selecting its cross section according to the largest bending moment, an excess supply of material is obtained in all sections of the jib, except for the one that corresponds to the maximum value of the moment. This approach does not make it possible to obtain a design with a minimum material consumption, since the cross section is constant along the entire length of the jib and is designed for maximum efforts characteristic of only a small area.

To obtain a rational cross section of the jib, it is necessary to strive to ensure that, if possible, the largest volume of material works at stresses equal to or close to the allowable ones. In the proposed jib with a section variable in height, efficiency is achieved by optimizing its dimensions in accordance with the diagrams of internal forces. To calculate such structures, the method of splitting the entire element into smaller rod elements of constant stiffness is used. Most of the software packages for structural analysis do not have the possibility of automated input for such sections. It is necessary to justify the choice of various options for design solutions for the formation of a block of input parameters for automated calculation for jibs of variable cross section.

The scientific significance of the proposed technical solution lies in the fact that a space of mutually influencing design variables has been formed in relation to the problem of minimizing the weight of the multifunctional pile driver jib structure. A formula is obtained for determining the set of pairs of optimal values of independent design variables, applicable for the formation of a block of input parameters for automated calculation of jibs of variable cross section.

The practical significance lies in the implementation of a simplified search for the optimal parameters of the jib cross section by visual analysis of the obtained graphs, which makes it possible to obtain a variety of acceptable alternative designs within the established design criteria. The main stimulus for the study of the jib was the calculation of significant characteristics for a variety of combinations of sec-

tion parameters in order to minimize its weight. The results of the study are used to assess the adequacy of design alternatives and their relative merits based on established design criteria.

Keywords

Steel angle headframe, multifunctional steel angle headframe, jib variable cross-section height.

For citation

Kassikhina E.G., Sirota D.Yu. Parameter optimization of the jib cross-section for the multi-purpose steel head frames. *Ugol'*. 2024;(4):92-97. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-92-97.

ВВЕДЕНИЕ

На кафедре «Физические процессы и строительная геотехнология освоения недр» КузГТУ развивается научное направление по разработке инновационных подходов к проектированию горнотехнических зданий и сооружений, включая проектирование стальных укосных копров многофункционального назначения для вертикальных стволов угольных и рудных шахт на основе рациональных конструктивных решений [1, 2].

Надшахтный копер предназначен для размещения направляющих шкивов подъемной установки, обеспечивающей транспортировку полезного ископаемого из забоя на поверхность [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. На конструкции копра действуют значительные усилия натяжения канатов подъемной машины, для восприятия которых предназначена укосина – наклонный конструктивный элемент либо в виде фермы, либо в виде рамы постоянного сечения (рис. 1, а и рис. 1, б).

Особенность конструктивного решения стального копра многофункционального назначения (рис. 2, а) состоит в том, что вся нагрузка от натяжения канатов подъемной машины S передается на укосину 1, так как отдельно стоящий станок 2 связи с укосиной не имеет.

Существующие методики расчета конструктивных элементов укосных стальных надшахтных копров включают в себя расчет укосины, аналогичный расчетам балок

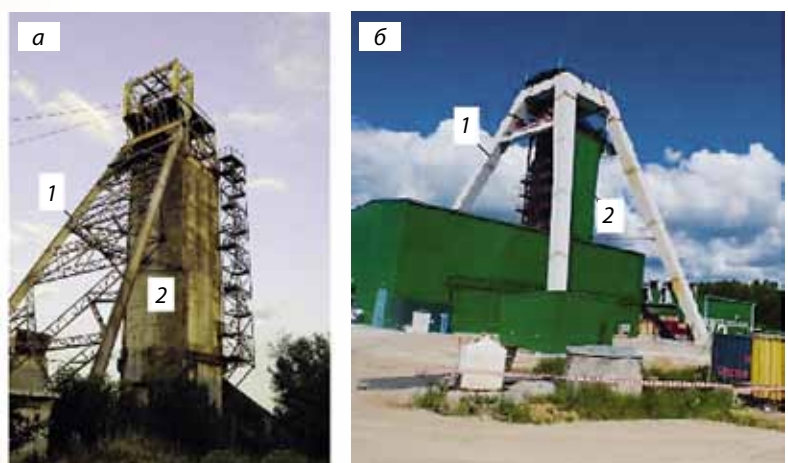


Рис. 1. Надшахтные копры с укосиной в виде рамы постоянного сечения: а – одноукосный; б – двухукосный

Fig. 1. The headframe with the frame of constant cross-section jib: а – one-jib; б – two-jib

постоянного сечения. Расчет предусматривает определение внутренних усилий $M_x(l)$ и $M_y(l)$ в сечениях укосины с последующими проверками по предельным состояниям в соответствии с нормативными документами, СНиПами и СП [1, 2].

Так как изгибающие моменты $M_x(l)$ и $M_y(l)$ обычно меняются по длине l укосины неравномерно (рис. 2, б), подбирая ее сечение по наиболее неблагоприятному сочетанию изгибающих моментов (1, 2), получают излишний запас материала в сечениях укосины с меньшими значениями внутренних усилий (3).

$$\frac{M_x^{\max}(l)}{W_x^{\max}} + \frac{M_y^{\text{соотв}}(l)}{W_y} = [\sigma], \quad (1)$$

$$\frac{M_y^{\max}(l)}{W_y^{\max}} + \frac{M_x^{\text{соотв}}(l)}{W_x} = [\sigma], \quad (2)$$

$$\frac{M_x(l)}{W_x} + \frac{M_y(l)}{W_y} \leq R_y \gamma_c, \quad (3)$$

где $M_x(l)$ и $M_y(l)$ – расчетные изгибающие моменты, W_x и W_y – моменты сопротивления сечения, $[\sigma]$ – допускаемое нормальное напряжение стали, R_y – расчетное сопротивление стали.

В результате получим конструкцию максимальной материалоемкости с одинаковыми сечениями по всей длине укосины, рассчитанными с учетом максимального усилия, характерного лишь для небольшого участка.

Применение сварных сечений дает возможность формировать сечения с оптимальными соотношениями размеров на любом участке l_i , в том числе в местах снижения усилий $M_x(l) < M_x^{\max}$ и $M_y(l) < M_y^{\max}$. Для того чтобы выяснить, какие именно параметры сечения следует изменять в первую очередь, необходимо определиться с выбором переменных проектирования. Переменные проектирования – это те описывающие конструкцию величины, которые изменяются с помощью процедуры преобразования конструкции в процессе ее проектирования. В нашем случае это переменные, описывающие тип и размеры сечения укосины (рис. 3), а также ее топологию (рис. 4).

Для исследуемой конструкции были рассмотрены варианты сечений, в которых большая часть материала сосредоточена в зонах, максимально удаленных от нейтральной оси [16]. К ним относятся: прямоугольное сечение (рис. 3, б), сечение в форме симметричного двутавра (рис. 3, в), коробчатое сечение (рис. 3, г). В результате было принято

коробчатое сечение, которое более надежно с точки зрения устойчивости и имеет лучшие показатели при работе на кручение. Таким образом, в соответствии с рис. 3, г исследуемое пространство переменных проектирования ограничено следующими параметрами сечения: высота стенки h_w , толщина стенки t_w , ширина полки b_f , толщина полки t_f .

Возможность изменять размеры поперечного сечения по длине укосины в соответствии с распределением внутренних усилий (см. рис. 2, б) значительно снизит расход металла и сделает конструкцию более экономичной по сравнению с укосинами постоянного сечения.

Для решения задачи по отысканию рациональной формы укосины минимальной материалоемкости были исследованы варианты конструкции в виде сварных балок коробчатого сечения с плавным изменением параметров сечений h_w, t_w, b_f, t_f вдоль ее длины l (см. рис. 4).

Диапазоны изменения исследуемых параметров: $h_w = 40-250$ см; $t_w = 0,40-3$ см; $b_f = 40-50$ см; $t_f = 0,40-3$ см.

За целевую функцию был принят показатель экономичности сечения $Q = W/A$, где W – момент сопротивления профиля, см³; A – площадь сечения профиля, см². Чем выше это отношение, тем меньшая масса металла необходима для увеличения сопротивления на изгиб.

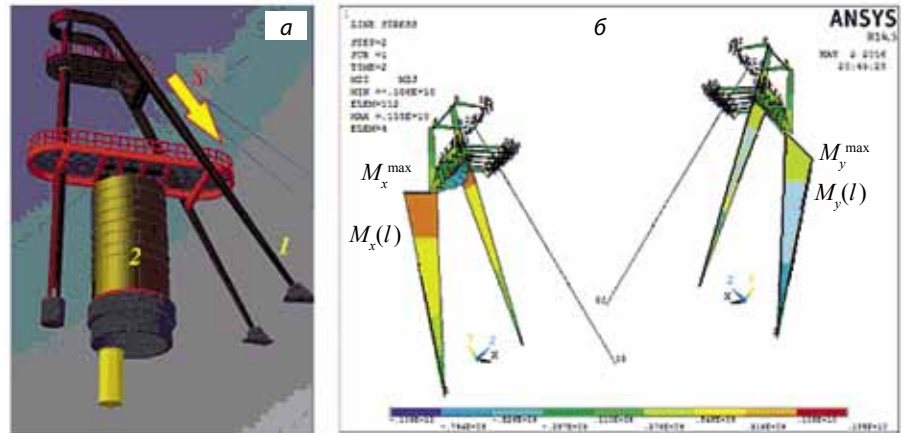


Рис. 2. Копер многофункционального назначения: а – конструктивная схема; б – эпюра моментов от усилия S (натяжение канатов подъемной машины); 1 – укосина копра; 2 – станок

Fig. 2. Multi-purpose steel headframe: а – design diagram; б – diagram of moments from force R (tension of ropes of the winding machine); 1 – jib; 2 – rig

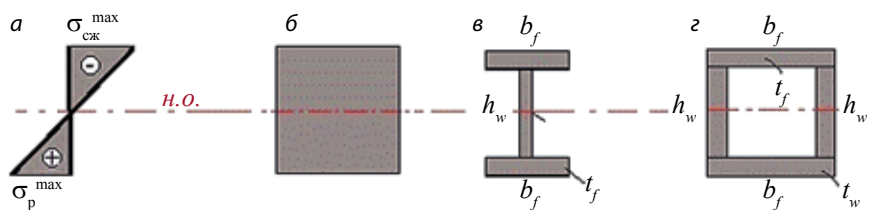


Рис. 3. Варианты сечений укосины: а – эпюра напряжений; б – прямоугольное сечение; в – двутавровое сечение; г – коробчатое сечение

Fig. 3. Options for the jib cross-sections: а – stress diagram; б – rectangular cross-section; в – H-beam cross-section; г – box cross-section

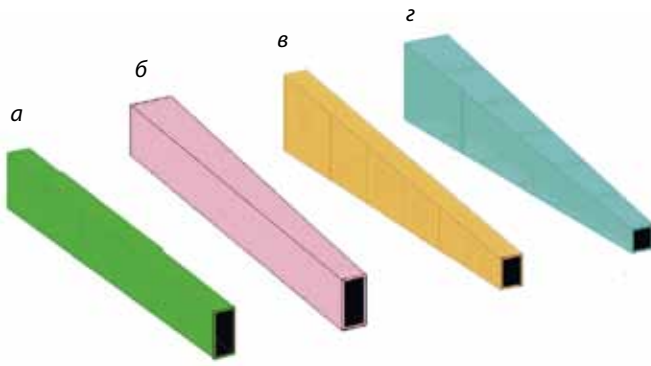


Рис. 4. Конструктивные решения возможных изменений сечения укосины по длине: а – сечение с переменной толщиной полки и стенки; б – сечение с переменной шириной полки; в – сечение с переменной высотой стенки; г – сечение с переменной высотой стенки и переменной шириной полки

Fig. 4. Constructive solutions for possible changes in the cross-section of the jib along the length: а – section with a variable thickness of the shelf and wall; б – section with a variable width of the shelf; в – section with variable wall height; г – section with variable wall height and variable flange width

Расчетные моменты сопротивления элементов укосины:

$$W_x = \frac{2I_x}{h_w}, \quad (4); \quad W_y = \frac{2I_y}{b_f}, \quad (5)$$

где моменты инерции:

$$I_x = 2 \frac{b_f t_f^3 f}{12} + 2 \frac{t_w h_w^3}{12} + 2(b_f t_f) \left(\frac{h_w}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2, \quad (6)$$

$$I_y = 2 \frac{t_f b_f^3}{12} + 2 \frac{h_w t_w^3}{12} + 2(h_w t_w) \left(\frac{b_f}{2} + \frac{t_w}{2} \right)^2. \quad (7)$$

Расчетная площадь;

$$A = 2b_f t_f + 2t_w h_w. \quad (8)$$

Таким образом, первостепенная задача состоит в определении параметров, изменение которых приводит к наибольшему увеличению функций I_x, I_y при минимальном изменении функции A .

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЕЧЕНИЯ УКОСИНЫ

Степень зависимости функции от аргументов можно оценить с помощью коэффициента эластичности [17, 18]. Этот коэффициент показывает, на сколько процентов изменится значение функции, если величина аргумента изменится на 1%.

В случае функции многих переменных $z = z(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$ коэффициент эластичности для переменной φ_i определяется следующим образом:

$$Ez(\varphi_i) = \frac{\partial z}{\partial \varphi_i} \cdot \frac{\varphi_i}{z}$$

В нашем случае функции – это I_x, I_y, A , а аргументы – b_f, t_f, h_w, t_w .

Приведем графики эластичностей указанных трех функций по всем четырем переменным (рис. 5). Значения остальных неактивных переменных примем равными начальным значениям указанных выше диапазонов.

Можно заметить, что наиболее влиятельными оказываются две взаимосвязи: влияние переменной h_w (рис. 5, а) на функцию I_x (2,6%) и влияние переменной b_f (рис. 5, б) на функцию I_y (2,2%).

Дополнительно вычислим коэффициенты эластичности для всех функций, когда параметры имеют медианные по диапазону значения (см. табл. 1) и максимальные значения (см. табл. 2).

Сравнение графиков и полученных табличных данных показывает, что на функцию I_x значительное влияние оказывает параметр h_w (2,53% и 2,64%). При этом функция A имеет тенденцию к росту, однако коэффициент эластичности остается меньше 1%, что говорит о том, что мера реагирования относительного изменения этой функции относительно выбранного параметра невелика. Изменение параметра b_f незначительно влияет на изменение значений функций I_x , но при этом имеет место сильная зависимость (до 2,01%) функции I_y от данного параметра. Исходя из условия нагружения укосины, M_y^{\max} на порядок ниже, чем M_x^{\max} .

В этом случае задача оптимизации упрощается до отыскания максимальных значений функции I_x (6) при постоянных медианных значениях $b_f = 45$ см, $t_f = 1,7$ см и описы-

Таблица 1

Медианные коэффициенты эластичности для медианных значений параметров

Median elasticity coefficients for median parameter values

I_x				I_y				A			
$E(b_f)$	$E(t_f)$	$E(t_w)$	$E(h_w)$	$E(b_f)$	$E(t_f)$	$E(t_w)$	$E(h_w)$	$E(b_f)$	$E(t_f)$	$E(t_w)$	$E(h_w)$
0,48	0,42	0,52	2,53	2,01	0,09	0,98	0,91	0,24	0,24	0,76	0,76

Таблица 2

Максимальные коэффициенты эластичности для максимальных значений параметров

Maximum elasticity coefficients for maximum parameter values

I_x				I_y				A			
$E(b_f)$	$E(t_f)$	$E(t_w)$	$E(h_w)$	$E(b_f)$	$E(t_f)$	$E(t_w)$	$E(h_w)$	$E(b_f)$	$E(t_f)$	$E(t_w)$	$E(h_w)$
0,36	0,29	0,63	2,64	1,92	0,06	1,07	0,95	0,17	0,17	0,83	0,83

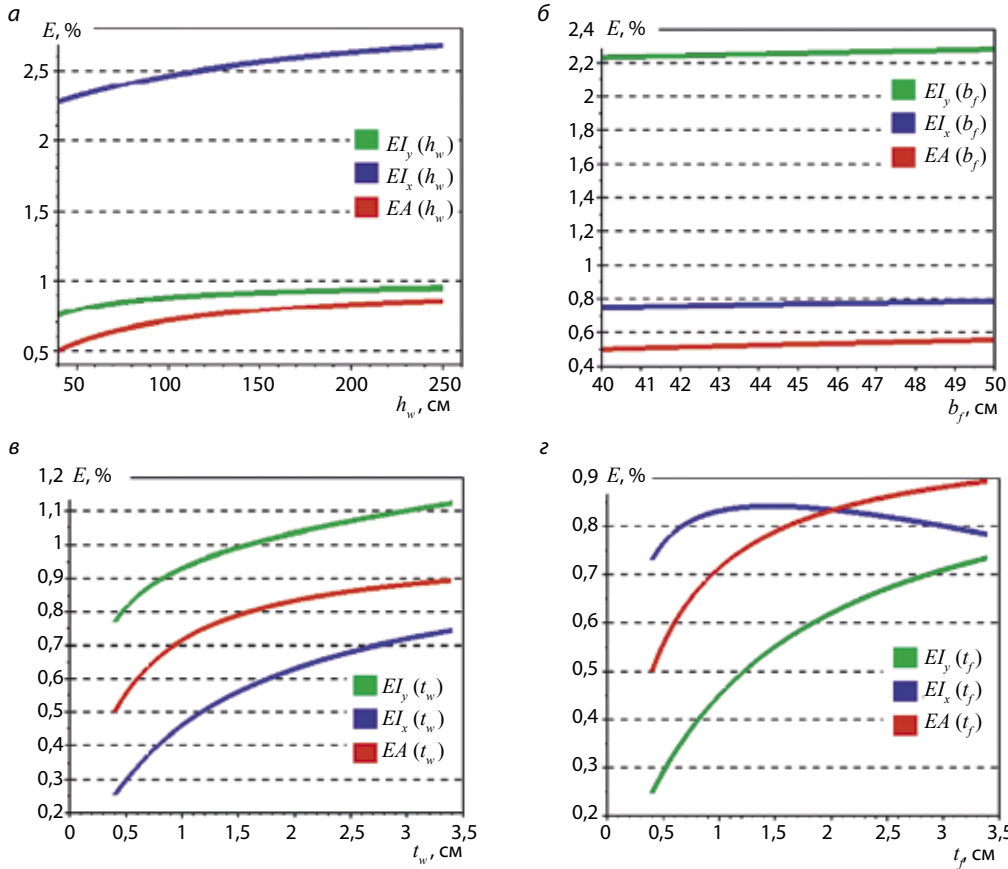


Рис. 5. Графики эластичности функций
Fig. 5. The function elasticity diagrams

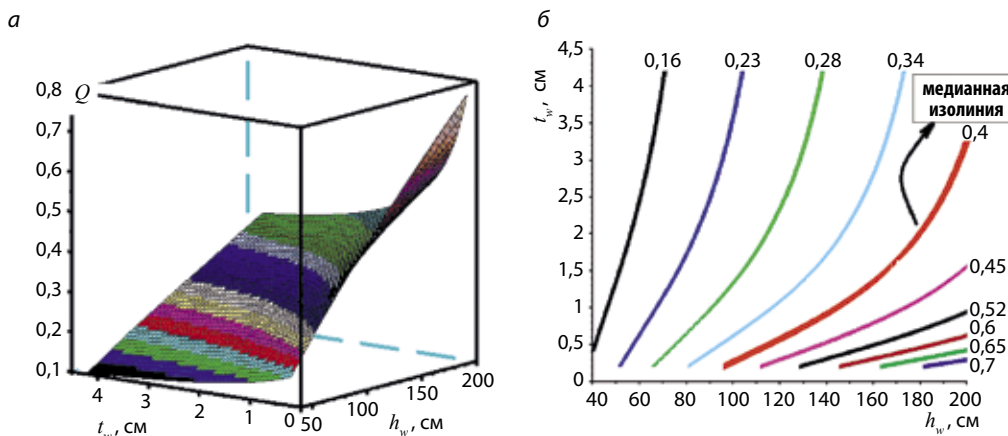


Рис. 6. Графики целевой функции $Q(h_w, t_w)$:
а – в виде поверхности;
б – в виде изолиний
Fig. 6. The plots of goal function $Q(h_w, t_w)$:
а – as the surface;
б – as the contours

вается лишь парой переменных проектирования h_w и t_w . Выбор t_w в качестве влияющей переменной обусловлен тем, что переменная t_f имеет тенденцию к убыванию в исследуемом диапазоне.

Тогда указанный выше показатель экономичности сечения $Q = W_x/A$ будет являться функцией только двух переменных: $Q = Q(h_w, t_w)$. Область возможных положительных значений целевой функции $Q(h_w, t_w)$ построим в виде поверхности двух переменных проектирования h_w и t_w (рис. 6, а). Кроме того, если выражение W_x последовательно приравнять к конкретным конечным значениям, то можно построить кривые постоянного показателя экономичности сечения – изолинии Q (рис. 6, б). При этом мы видим, что имеет место монотонное уменьшение высоты стенки h_w^{\max} до h_w^{\min} при неоднократном уменьшении толщины стенки t_w .

Для более гибкого регулирования размеров уксыны возьмем медианное значение величины $Q = 0,5 \cdot (0,1 + 0,7) = 0,4$, которому соответствует бесконечный набор решений – пар значений h_w и t_w . Для их поиска поступим следующим образом. Сформируем равномерную сетку значений одной из переменных, например $h_w = [100 : 2 : 200]$ см. Решим уравнение $Q(h_w, t_w) = 0,4$ для каждого фиксированного значения h_w с помощью метода наименьших квадратов (МНК) [19]. Для этого сформируем целевую функцию: $D = [Q - 0,4]^2$, минимальное значение которой будем искать для каждого фиксированного h_w . Так как из анализа изолиний функции $Q(h_w, t_w)$ ясно, что область изменения переменной $0,2 \leq t_w \leq 3,5$ см, то для поиска минимума целевой функции можно использовать метод золотого сечения [20]. В результате получим медианную изолинию (рис. 6, б).

Применяя опять МНК к этому набору точек, подберем наилучшую аппроксимирующую формулу вида:

$$t_w = 4 \cdot 10^{-6} \cdot t_w^3 - 0,0014 \cdot h_w^2 + 0,1891 \cdot h_w - 8,5512$$

с индексом детерминации $R = 0,993$.

Полученная медианная изолиния (см. рис. 6, б) делит пространство проектирования на области допустимых проектов и недопустимых проектов с точки зрения устойчивости сечения. Так, для высот $h_w > 100$ см область ниже изолинии $Q = 0,4$ является областью недопустимых решений. Все соотношения h_w и t_w , полученные путем визуального анализа изолиний, лежащих выше медианной изолинии, могут быть использованы для оценки адекватности пробных вариантов проекта и их относительных достоинств на основе установленных проектных критериев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен анализ значимых характеристик для множества комбинаций параметров сечений укосины с целью минимизации ее веса. Предложен подход к оптимизации параметров укосины переменного сечения, позволяющий получить эффективную конструкцию с оптимальным соотношением геометрических характеристик сечения при заданной нагрузке. Практическая значимость заключается в реализации упрощенного поиска оптимальных параметров сечения укосины путем визуального анализа полученных графиков, позволяющих получить множество приемлемых альтернативных проектов. Полученная формула для определения множества пар значений независимых проектных переменных применима для формирования блока параметров сечений для реализации программы автоматизированного проектирования копра многофункционального назначения.

Список литературы • References

- Kassikhina E.G., Pershin V.V., Glazkov J.F. New Technical Solution for Vertical Shaft Equipping Using Steel Headframe of Multifunction Purpose. E3S Web of Conferences, 11nd International Innovative Mining Symposium, 1, Russian Federation Year of Environment, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172101007>.
- Кассихина Е.Г. Новая конструктивная форма надшахтного копра многофункционального назначения // Горный журнал. 2017. № 8. С. 56-60.
Kassikhina E.G. New structural form of a multi-purpose mine head gear. *Gornyj zhurnal*. 2017;(8):56-60. (In Russ.).
- Русских А.Г. Практические аспекты обследования надшахтных копров // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9. Часть 4. С. 17-20. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.51.103>.
Russkikh A.G. Practical aspects of inspection mine headgear. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2016;(9) Part 4:17-20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.51.103>.
- Butler D.W., Schneyderberg A.C. Headframe selection – steel vs. concrete [J]. *Mining Congress Journal*. 1982;7:1,15.
- Edwards F.A. Hoisting systems. SME Mining engineering handbook Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. 1992;(2).
- Rojas-Sola J.I., Montalvo-Gil J.M., Castro-Garcia M. 3D modeling and functional analysis of a headframe for mineral extraction. *Dyna*. 2013;80(181):118-125.
- Nechytailo A.Ye., Horokhov Ye.V., Kushchenko V.N. Analysis of the mode of deformation of the sub-pulley structures on shaft sloping headgear structures. 18th International Conference on the Application of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering 1, Weimar, 2009.
- Hartman H.L., Mutmanský J.M. Introductory Mining Engineering, John Wiley and Sons. 2002, 592 p.
- Hartman H.L., Britton S.G., Mutmanský J.M. SME Mining Engineering Handbook, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 1992.
- Ross I. Goldcorp going electric with Chapleau gold mine. Northern Ontario Business, 2016. <http://www.mining.com/web/goldcorp-going-electric-with-chapleau-gold-mine>.
- Rojas-Sola J.I., Palomares-Muñoz I. 3D modelling and static analysis of a Spanish articulated metal headframe for mineral extraction. *Dyna*. November 2015.
- Kelly L. Historical end. Northern Ontario business. 34:3, 31. 2014.
- Ernst-Ulrich Reuther. Einführung in den Bergbau, 1, 34 Auflage, Verlag Glückauf GmbH. Essen, 1992.
- Ernst-Ulrich Reuther. Lehrbuch der Bergbaukunde. Erster Band, 12, 37 Auflage, VGE Verlag GmbH, Essen, 2010.
- Ernst Richard. Wörterbuch der Industriellen Technik. Wiesbaden, Oscar Brandstetter, 1989.
- Кассихина Е.Г., Русакова Н.А. Определение рациональной формы укосины для стальных укосных копров многофункционального назначения // Уголь. 2022. № 10. С. 55-59 DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-55-59.
Kassikhina E.G., Rusakova N.A. Rational jib form determining for the multi-purpose steel headframes. *Ugol'*. 2022;(10):55-59. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-55-59.
- Пиндайк Р., Рабинфельд Д. Микроэкономика. СПб.: Питер, 2011. 608 с.
- Зорич В.А. Математический анализ. М.: МЦНМО, 2012. 720 с.
- Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах. М.: Высшая школа, 2005. 544 с.
- Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н. Введение в методы оптимизации. М.: Финансы и статистика, 2008. 270 с.

Authors Information

Kassikhina E.G. – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Physical processes and construction geotechnology of subsurface development, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail kalena-07@mail.ru

Sirota D.Yu. – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Physical processes and construction geotechnology of subsurface development, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.11.2023

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received November 22, 2023

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 378 © К.А. Корнилова¹, А.С. Зотова², М.В. Петрушова³, 2024UDC 378 © K.A. Kornilova¹, A.S. Zotova², M.V. Petrushova³, 2024¹ Самарский государственный экономический университет,
443090, г. Самара, Россия² Самарский государственный технический университет,
443100, г. Самара, Россия³ Самарский государственный университет путей сообщения,
443066, г. Самара, Россия

✉ e-mail: kornilova97@yandex.ru

¹ Samara State University of Economics,
Samara, 443090, Russian Federation² Samara State Technical University,
Samara, 443100, Russian Federation³ Samara State University of Railway Transport,
Samara, 443066, Russian Federation

✉ e-mail: kornilova97@yandex.ru

Совершенствование подготовки кадров для угольной промышленности через корпоративно-информационные механизмы

Enhancement of personnel training for the coal industry through corporate information mechanisms

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-98-101>**КОРНИЛОВА К.А.**

Преподаватель кафедры экономической теории
Самарского государственного
экономического университета,
443090, г. Самара, Россия,
e-mail: kornilova97@yandex.ru

ЗОТОВА А.С.

Канд. экон. наук,
доцент кафедры управления и системного анализа
теплоэнергетических и социотехнических комплексов
Самарского государственного технического университета,
443100, г. Самара, Россия,
e-mail: azotova@mail.ru

ПЕТРУШОВА М.В.

Старший преподаватель кафедры
«Цифровые технологии в образовании»
Самарского государственного
университета путей сообщения,
443066, г. Самара, Россия,
e-mail: tyri@yandex.ru

Сегодня развитие экономики и общества предъявляет высокие требования к подготовке востребованных и конкурентоспособных кадров для рынка труда. Кандидаты должны быть способны решать научно-технические, инновационные, управленческие и иные задачи. Не исключением является угольная промышленность, которая заинтересована в подготовке кадров высокой квалификации. Несмотря на то, что система образования в Российской Федерации осуществляет профессиональную подготовку в условиях эффективного использования современных технологических и коммуникационных инструментов, в инженерных направлениях присутствуют мотивационные и информационные проблемы.

В рамках исследования авторами работы проведен PEST-анализ системы высшего образования в угольной отрасли и выявлены основные проблемы. Для совершенствования профессиональной подготовки и модернизации ситуации на рынке труда предложена математическая модель, которую можно применять на практике специалистам по кадрам соответствующих предприятий, а также предложены рекомендации по совершенствованию корпоративных информационных ресурсов для потенциальных абитуриентов и сотрудников учебных заведений. В связи с пред-

ложенными мерами можно говорить о том, что ключевым механизмом совершенствования станет корпоративно-информационный, включающий в себя корпоративные меры поддержки сотрудников и развитие информационных сетей. Теоретическая значимость работы заключается в возможности проведения исследований и анализа влияния корпоративно-информационных механизмов на подготовку кадров в целом, практическая значимость работы заключается в предложении конкретных методик, инструментов и технологий, которые могут быть внедрены в процесс обучения и подготовки специалистов для угольной отрасли.

Ключевые слова: система образования, угольная отрасль, рынок труда, практическая подготовка, информационные ресурсы, горнодобывающая промышленность, информационные корпоративные источники.

Для цитирования: Корнилова К.А., Зотова А.С., Петрушова М.В. Совершенствование подготовки кадров для угольной промышленности через корпоративно-информационные механизмы // Уголь. 2024;(4):98-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-98-101.

Abstract

Current development of the economy and society places high demands on training of required and competitive personnel for the labour market. The candidates should be able to solve scientific and technical, innovative, managerial and other tasks. The coal industry, which is interested in training highly qualified personnel, is no exception. Despite the fact that the education system in the Russian Federation provides professional training with efficient use of modern technological and communication tools, yet there are motivational and information problems in engineering subjects.

As part of the research, the authors conducted a PEST-analysis of the higher education system in the coal industry and identified the main challenges. In order to improve professional training and streamline the situation in the labour market, the paper proposes a mathematical model, which can be implemented by HR specialists of relevant enterprises, as well as recommendations on improving corporate information resources for potential applicants and the teaching staff of educational institutions. In relation to the proposed measures, it is possible to say that the key mechanism of improvement will be the corporate information, including in-company measures to support employees and the development of information networks. The theoretical significance of the work lies in the possibility of conducting research and analyzing the impact of corporate information mechanisms on personnel training in general, the practical significance of the work lies in the proposal of specific methods, tools and technologies that can be implemented in the process of training and training specialists for the coal industry.

Keywords

Educational system, Coal industry, Labour market, Hands-on training, Information resources, Mining industry, Information corporate sources.

For citation

Kornilova K.A., Zotova A.S., Petrushova M.V. Enhancement of personnel training for the coal industry through corporate information mechanisms. *Ugol'*. 2024;(4):98-101. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-98-101.

ВВЕДЕНИЕ

Угольная отрасль является традиционной промышленной сферой для нашей страны, требующей своевременной подготовки инновационных кадров [1]. В 2022 г. государством было выделено 2953 бюджетных места по классическому направлению подготовки «Горное дело» [2], однако стоит учесть, что есть еще и вторичные направления подготовки, обеспечивающие функционирование угольных промышленных кластеров.

При этом стоит отметить, что далеко не все выпускники учебных заведений данных направлений подготовки устраиваются на работу по специализации [3, 4, 5]. В связи с этим рынок труда испытывает кадровый голод: так, только в Кемеровской области ежедневно открываются и обновляются до 70 вакансий в сфере угледобывающей отрасли и на инфраструктурных объектах [6].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Подготовка кадров для угольной промышленности в нашей стране – процесс непростой, так как, несмотря на то, что ежегодно количество бюджетных мест по инженерным специализациям растет, рынок труда угольных сфер испытывает сложности.

Это связано с такими проблемами, как:

- отсутствие мотивации у молодых сотрудников [7];
- некачественный уровень подготовки специалистов в связи с первоначальным низким баллом поступающих студентов и отсутствием соответствующих программ стажировок [8];
- слабая информированность о карьерных перспективах [9, 10].

Проведем PEST-анализ высшего образования в угольной отрасли в России и выделим внешние факторы, влияющие на его качество в долгосрочном периоде (см. таблицу).

На основании анализа можно оценить внешние факторы (политические, экономические, социальные и технологические), которые могут оказывать влияние на развитие системы высшего образования в сфере угольной промышленности и качество подготовки будущих специалистов угольной отрасли.

Данный анализ также способствует разработке образовательных стратегий для успешного функционирования рынка труда в рамках угольной промышленности в условиях цифровизации и информатизации экономики. Актуальными становятся именно корпоративно-информационные механизмы совершенствования образовательного процесса, которые могут включать в себя:

- создание электронных специализированных образовательных платформ, которые позволят студентам и работникам отрасли обучаться в любое удобное для них время и месте. Такие платформы могут содержать электронные учебники, видеокурсы, интерактивные тесты и задания, при этом доступ для студентов должен быть бесплатным, а также содержать возможности для формирования цифрового портфолио;
- использование виртуальных симуляторов и тренажеров для обучения и отработки практических навыков. Это позволит студентам и работникам быстрее адаптироваться к реальным условиям работы в уголь-

PEST-анализ высшего образования в угольной отрасли в России

PEST analysis of higher education in the coal sector of the Russian Federation

Политические факторы	Экономические факторы
Нормативное регулирование и совершенствование законодательства в отношении угольной отрасли влияют на потребности в специалистах (так изменения налогообложения в отрасли требуют включенности вопросов исчисления НДС в рабочие планы экономистов – промышленников)	Состояние экономики страны и спрос на уголь могут повлиять на финансирование высшего образования в угольной отрасли (ежегодный бюджетный перелив капитала в тяжелую, обрабатывающую промышленность)
Политическая стабильность способствует поддержке Правительством РФ развития угольной отрасли и подготовке кадров для нее (формирование новых и пролонгирование ранее принятых Национальных проектов по подготовке кадров и цифровизации рабочих процессов)	Уровень заработной платы и возможности трудоустройства для выпускников угольных специальностей (индексация МРОТ, увеличение пенсионных коэффициентов)
Социальные факторы	Технологические факторы
Общественное отношение к угольной отрасли и ее влиянию на окружающую среду может повлиять на привлекательность учебных программ в этой области (появление «узких» программ подготовки в вузах, изменения профессиональных стандартов, связанных с угольной промышленностью, направленных на снижение транзакционных издержек и внешних эффектов (экстерналии))	Развитие новых технологий и инноваций в угольной отрасли может потребовать обновления учебных программ и оборудования в вузах (необходимость обновления оборудования учебных лабораторий, формирование технических и инновационных парков на базе учебных заведений)
Демографические изменения и спрос на высшее образование в угольной отрасли (предоставление льгот вузами, повышенные стипендии, система стажировок и целевых мест)	Использование онлайн-обучения и цифровых технологий для обучения студентов в угольной отрасли (повышение качества образования, привлечение специалистов – практиков, использование цифровых сервисов)

Составлено авторами

ной промышленности. Необходимость данных средств необходимо прописывать в учебных планах и рабочих программах;

- внедрение дистанционного обучения с использованием онлайн-курсов и вебинаров. Это позволит привлечь к обучению специалистов из других регионов и стран, а также повысить качество подготовки кадров за счет использования опыта и знаний ведущих специалистов отрасли, а также формирование сетевых учебных планов;

- создание корпоративных социальных сетей и профессиональных модерлируемых сообществ, для обмена опытом, знаниями и информацией между работниками угольной промышленности через систему блокчейн, что позволит улучшить обмен опытом и знаниями между специалистами. Студенты могли бы получать доступ через личные кабинеты образовательных сред.

Информационно – коммуникационную модернизацию образования в угольной отрасли можно отразить с помощью теоретической процессной модели. Для этого необходимо определить пять основных этапов (процессов):

1. Развитие сотрудничества с предприятиями угольной промышленности для обеспечения практической направленности обучения и привлечения специалистов к разработке учебных программ. Необходимо заключать долгосрочные партнерские договоры, привлекать специалистов к процедурам итоговых аттестаций.

2. Определение потребностей отрасли в специалистах различных направлений и уровней квалификации – на данном этапе должны быть разработаны анкеты для потенциальных работодателей, промышленных партнеров, со стороны вузов.

3. На основании потребностей работодателей должна быть обеспечена возможность непрерывного повышения квалификации преподавателей и сотрудников образовательных учреждений, участвующих в подготовке специалистов для угольной промышленности. Это можно сделать через систему стажировок «образовательные партнеры» - «ППС».

4. Разработка учебных программ, соответствующих требованиям предприятий угольной промышленности. Внедрение современных технологий и методов обучения, включая использование корпоративных информационных систем для управления процессом обучения в вариативную часть учебных планов.

5. Создание системы оценки и мониторинга качества подготовки специалистов, включая анализ результатов работы выпускников на предприятиях отрасли. Через электронно-образовательную среду ВУЗов вводить фонды оценочных средств от потенциальных работодателей, что способствует дальнейшему трудоустройству молодых специалистов. .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для развития угольной промышленности необходимо учесть все внешние факторы и обеспечить качественную подготовку кадров для данной сферы. Это может быть реализовано через систему профориентационных мероприятий и государственную поддержку:

- через развитую транспарентную систему информации о профориентационных мероприятиях для потенциальных абитуриентов. Для этого необходимо сформировать содержательные онлайн-площадки, где потенциаль-

ный абитуриент смог получить не только обязательную к раскрытию информацию о направлении подготовки, но и задать вопросы выпускникам, действующим преподавателям и студентам [11, 12];

– через дополнительные материальные и нематериальные преференции и субсидии, стипендии для студентов соответствующих направлений;

– через грантовую поддержку и систему профессиональных стажировок студентов соответствующих направлений подготовки, показавших высокий уровень квалификационных навыков;

– через систему информационных корпоративных материалов, позволяющих знакомить потенциальных сотрудников с карьерными возможностями. Для этого необходимо максимально раскрывать корпоративную информацию на сайтах горнодобывающих компаний о социально значимых мероприятиях и мерах поддержки для молодых и начинающих сотрудников.

Список литературы • References

- Ефимов В.И., Попов С.М., Калачева Л.В. Основные задачи подготовки кадров угольной промышленности с учетом инновационного развития отрасли и предложения по их решению // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2016. № 4. С. 179-183.
Efimov V.I., Popov S.M., Kalacheva L.V. The main tasks of the coal industry training, taking into account the innovative industry development and proposals for their solution. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2016;(4):179-183. (In Russ.).
- Навигатор поступления. [Электронный ресурс]. URL: <https://propostuplenie.ru/> (дата обращения: 15.03.2024).
- Омарова К.А., Элдарова А., Курбанова К. Актуальные проблемы трудоустройства и адаптации выпускников ВУЗов на рынке труда // РППЭ. 2019. № 12. С. 240-248.
Omarova K.A., Eldarova A., Kurbanova K. Current problems of employment and adaptation university graduates in the labor market. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. 2019;(12):240-248. (In Russ.).
- Мельникова М.В., Хлопенко О.В. Актуальные проблемы формирования эффективной кадровой политики организации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. № 9. С. 149-151.
Melnikova M.V., Khlopenko O.V. Actual problems of formation of effective personnel policy of the organization. *Ekonomika i biznes*. 2023;(9):149-151. (In Russ.).
- Каллагов Т.Э. Кадровая политика государства: некоторые особенности и проблемы современного развития // Криминологический журнал. 2023. № 2. С. 68-71.
Kallagov T.E. Personnel policy of the state: some features and problems of modern development. *Kriminologicheskij zhurnal*. 2023;(2):68-71. (In Russ.).
- Работа в России. [Электронный ресурс]. URL: <https://russia.superjob.ru/vakansii/> (дата обращения: 15.03.2024).
- Nassar S., Al-Qimlass A., Karacan-Ozdemir N. et al. Considerations for career intervention services in global youth workforce development: consensus across policy, research, and practice. *Empirical Res Voc Ed Train*. 2019;11(5):1-23. <https://doi.org/10.1186/s40461-019-0080-4>.
- Abe E.N., Chikoko V. Exploring the factors that influence the career decision of STEM students at a university in South Africa. *International Journal of STEM Education*. 2020;7(60):1-14. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00256-x>.
- Мугуева Д.А. Карьерный рост молодых специалистов как фактор продуктивности функционирования компаний // Вестник науки. 2023. № 1 (58). С. 99-108.
Mugueva D.A. Career growth of young specialists as factor of productivity of companies' functioning. *Vestnik nauki*. 2023;(1):99-108. (In Russ.).
- Engidaw A.E. The effect of motivation on employee engagement in public sectors: in the case of North Wollo zone. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2021;10(43):1-15. <https://doi.org/10.1186/s13731-021-00185-1>.
- Olewnik A., Chang Y. & Su M. Co-curricular engagement among engineering undergrads: do they have the time and motivation? *International Journal of STEM Education*. 2023;10(27):1-20. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00410-1>.
- Alam M., Nasir N. & Rehman C. Intrapreneurship concepts for engineers: a systematic review of the literature on its theoretical foundations and agenda for future research. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2020;9(8):1-21. <https://doi.org/10.1186/s13731-020-00119-3>.

Authors Information

Kornilova K.A. – Lecturer, Department of Economic, Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation, e-mail: kornilova97@yandex.ru

Zotova A.S. – PhD (Economic), Associate Professor, Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Socio Technical Complexes, Samara State Technical University, Samara, 443100, Russian Federation, e-mail: azotova@mail.ru

Petrushova M.V. – Senior Lecturer, Department of Digital Technologies in Education, Samara State University of Railway Transport, Samara, 443066, Russian Federation, e-mail: tyri@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.01.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received January 20, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 622.791.(315) © Р.А. Мусин¹, Ж.М. Асанова¹, Э.Р. Халикова¹,
Н.Д. Джусупов¹, А.В. Голик², 2024

UDC 622.791.(315) © R.A. Musin¹, Zh.M. Asanova¹, E.R. Khalikova¹,
N.D. Dzhussupov¹, A.V. Golik², 2024

¹ КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан
² ТОО «i-Geo Kazakhstan», 100000, г. Караганда, Республика Казахстан
✉ e-mail: zhanar-a@bk.ru

¹ Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan
² JSC «i-Geo Kazakhstan», Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan
✉ e-mail: zhanar-a@bk.ru

Разработка технологических критериев оценки для выбора перспективных участков добычи угольного метана

Development of technological evaluation criteria for the selection of promising coal methane production sites

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-102-108>

МУСИН Р.А.

Доктор PhD, и.о. доцента кафедры
«Разработка месторождений полезных ископаемых»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: R.A.Mussin@mail.ru

АСАНОВА Ж.М.

Доктор PhD, и.о. доцента кафедры
«Разработка месторождений полезных ископаемых»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: zhanar-a@bk.ru

ХАЛИКОВА Э.Р.

Доктор PhD, старший преподаватель кафедры
«Разработка месторождений полезных ископаемых»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: salyahova_e@mail.ru

ДЖУСУПОВ Н.Д.

Докторант по образовательной
программе 8D07202 «Горное дело»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: dzhussupov.nurbol@mail.ru

ГОЛИК А.В.

Директор ТОО «i-Geo Kazakhstan»,
100000, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: andrey.golik@i-geo.KZ

В статье определяются технологические критерии на основе анализа влияния глубины залегания, нарушенности, проницаемости и метаносности угольных пластов для выявления наиболее газонасыщенных участков, которые можно считать перспективными для получения метана из угольной толщи. Организация широкомасштабной добычи метана угольных пластов позволит существенно снизить риск взрыва метановоздушных смесей при освоении новых горизонтов и использовать часть добываемого газа для энергетических установок шахт. Это повысит рентабельность добычи угля. На полях действующих шахт добыча метана рассматривается, с одной стороны, как источник доступного и дешевого горючего газа, с другой, как способ снижения газонасыщенности угольных пластов в целях создания безопасных условий труда. Анализируя геологические особенности Карагандинского угольного бассейна в сравнении с международными, можно сделать вывод о потенциале для реализации проектов по добыче метана на отдельных участках. Рассматривается пять участков Карагандинского угольного бассейна: Промышленный, Абайский, Шерубайнуринский, Талдыкудукский и Саранский. Были выявлены ключевые факторы, воздействующие на процесс извлечения метана из угольных пластов. Для оценки факторов каждому участку были присвоены цифры от 1 до 10, где 10 представляет собой наилучший показатель. Произведя обобщение результатов проведенных исследований, был составлен критериальный рейтинг каждого участка. По результатам проведенных

исследований была составлена карта с указанием наиболее перспективных участков для добычи метана с указанием на ней прогнозных ресурсов метана и объемов угля.

Ключевые слова: взрыв, метан, метаноносность, Карагандинский угольный бассейн, критерий оценки, критериальный рейтинг.

Для цитирования: Разработка технологических критериев оценки для выбора перспективных участков добычи угольного метана / Р.А. Мусин, Ж.М. Асанова, Э.Р. Халикова и др. // Уголь. 2024;(4):102-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-102-108.

Abstract

The article defines technological criteria based on the analysis of the influence of the depth of occurrence, disturbance, permeability and methane content of coal seams, to identify the most gas-saturated areas that can be considered promising for obtaining methane from the coal bed. The organization of large-scale production of coalbed methane will significantly reduce the risk of explosion of methane-air mixtures during the development of new horizons and use part of the extracted gas for mine power plants. This will increase the profitability of coal mining. On the fields of operating mines, methane production is considered, on the one hand, as a source of affordable and cheap combustible gas, on the other, as a way to reduce the gas content of coal seams in order to create safe working conditions. Analyzing the geological features of the Karaganda coal basin in comparison with international ones, we can draw a conclusion about the potential for the implementation of methane production projects in individual areas. Five sections of the Karaganda coal basin are being considered: Industrial, Abai, Sherubainurinsky, Taldykuduk and Saransky. Key factors affecting the process of methane extraction from coal seams have been identified. To evaluate the factors, each site was assigned a number from 1 to 10, with 10 representing the best score. After generalizing the results of the conducted research, a criterion rating of each site was compiled. Based on the results of the research, a map was compiled indicating the most promising sites for methane production, indicating on it the projected methane resources and coal volumes.

Keywords

Explosion, methane, methane content, Karaganda coal basin, evaluation criterion, criteria rating.

For citation

Musin R.A., Asanova Zh.M., Khalikova E.R., Dzhusupov N.D., Golik A.V. Development of technological evaluation criteria for the selection of promising coal methane production sites. *Ugol'*. 2024;(4):102-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-102-108.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросу безопасных условий труда при ведении горных работ сейчас уделяют особое внимание на шахтах практически всех угольных бассейнов мира. Высокая газоносность угольных пластов является одной из главных причин взрывов метана на шахтах. Практически нулевую газопроницаемость и низкую газоотдачу имеют пласты при нынешних глубинах их разработки. Это является основ-

ным сдерживающим фактором развития добычи метана из неразгруженных угольных пластов [1].

Современные угольные месторождения, по существу, являются углегазовыми, так как запасы метана в них сопоставимы с запасами природного газа. По разным источникам, в Карагандинском угольном бассейне на глубине до 1800 м содержится от 1 до 4 трлн куб. м газа. Ежегодно при подземной разработке угольных пластов извлекается средствами дегазации и вентиляции около 500 млн куб. м газа. Используется при этом порядка 15% от общей эмиссии метана в качестве топлива шахтных котельных.

Добыча и утилизация метана в промышленных масштабах окажут положительное влияние на экономику Казахстана, к тому же обеспечат освоение нетрадиционного экологически чистого энергоносителя, который частично заменит традиционно используемый в энергетике промышленно развитых регионов Казахстана уголь [2].

Цель работы: разработать технологические критерии оценки для выбора перспективных участков добычи угольного метана.

Научная новизна заключается в определении технологических критериев на основе анализа влияния глубины залегания, нарушенности, проницаемости и метаноносности угольных пластов для выявления наиболее газонасыщенных участков, которые можно считать перспективными для получения метана из угольной толщи.

Идея работы заключается в критериальной оценке каждого из участков Карагандинского угольного бассейна по основным факторам, влияющим на добычу газа метана на участках

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Для выбора участка, наиболее подходящего для извлечения метана угольных пластов, были определены основные факторы, влияющие на добычу, которые представлены на рис. 1.

Каждый участок был оценен по шкале от 1 до 10 по основным факторам, где 10 – это лучший показатель, итоговое суммирование полученных результатов. Критериальный рейтинг перспективности участков для добычи метана из угольных пластов учитывает влияние влажности, выхода летучих веществ, десорбции метана и проницаемости пласта на различных глубинах [3].



Рис. 1. Факторы, влияющие на критерий оценки

Fig. 1. Factors that affect the evaluation criterion

Таблица 1

Основные показатели метановых запасов

Main indicators of methane reserves

Участки	Глубина оценки ресурсов, м	Ресурсы метана в млрд куб. м
Чурубай-Нурина синклинали		
Тентекская мульда	940	1,1
Тентекская мульда	1400	19,6
Мелкие мульды	300-600	3,2
Северо-западное крыло синклинали	1100	39,5
Восточное крыло синклинали	до 700 700-1500	50,7 207,0
Остальная неотработанная часть синклинали	200-1500	292,5
Манжинская антиклиналь	1800	4,8
	Итого	618,4
Карагандинская синклинали		
Глубокие горизонты Саранского участка	1400	26,3
Талдыкудукский участок	1300	28,2
Площадь между Саранским и Талдыкудукским участками	1400	67,6
Западное крыло синклинали	700	5,9
Юго-восточное крыло синклинали и его глубокие горизонты	1500	75,0
Северо-западное крыло синклинали	700	24,9
	Итого	227,9
Всего по бассейну		846,3

Первым фактором являются прогнозные ресурсы метана угольных пластов.

Путем сопоставления геологических особенностей Карагандинского угольного бассейна с аналогичными за рубежом пришли к выводу, что имеется хороший потенциал развития проектов по добыче метана на отдельных участках. Проанализировав опыт отечественных ученых и сведя основные показатели метановых запасов в табл. 1, можно отметить большие ресурсы этого газа, находящиеся на разных участках Карагандинского угольного бассейна. На глубине до 1800 м содержится до 4 трлн куб. м газа [3, 4].

Второй фактор – влияние глубины залегания пласта на его проницаемость.

На исследуемых участках были выбраны наиболее газоносные пласты, которые мы стали считать яркими представителями участка. Пробы отбирались на различных глубинах и по несколько раз для точности проводимых исследований. В табл. 2 сведены результаты и выведено среднее значение по каждому исследованию проницаемости. Даже при небольшой разнице в глубинах можно заметить изменение проницаемости пласта в меньшую сторону (рис. 2). Наиболее явно это демонстрируют образцы пласта К10, отобранные на Саранском участке на глубинах более 600 м. Стоит отметить, что увеличение проницаемости угленосного массива способствует более активной десорбционной способности угля [5, 6].

Третий критерий – влияние глубины залегания пласта на его фильтрационную способность (десорбция).

Особенность накопления запасов метана в угольных пластах отличается от коллекторов традиционного газа. Механизм десорбции играет важную роль. Проведя исследования образцов, можно отметить (рис. 3), что способность выделения метана незначительно изменится на небольших глубинах и более активно себя проявляет с увеличением глубины (табл. 3) [6].

Оценка сырьевой базы проводилась посредством обобщения статистических результатов, характеризующих угленосность различных свит [7, 8].

Таблица 2

Результаты исследования и среднее значение проницаемости

Research results and the average permeability value

Участки	Шахты	Пласт	Глубина отбора проб, м	Проба №1, мД	Проба №2, мД	Проба №3, мД	Проба №4, мД	Проба №5, мД	Среднее значение проницаемости, 10-2 мД
Тентекский	Казахстанская	Д6	450	3,0	3,22	3,2	3,21	3,23	3,172
	Казахстанская	Д6	470	3,3	3,4	3,5	3,0	3,8	3,4
	Казахстанская	Д6	500	3,1	3,5	3,4	3,7	3,0	3,34
Саранский	Саранская	К10	600	6,8	7,4	7,1	7,5	7,0	7,16
	Саранская	К10	620	6,7	6,8	6,8	6,5	6,9	6,74
	Саранская	К10	635	6,9	6,7	6,8	6,4	6,8	6,72
Промышленный	Кузембаева	К12	460	2,0	2,1	2,3	2,5	1,8	2,14
	Кузембаева	К12	480	2,5	2,2	2,7	2,4	2,6	2,48
	Кузембаева	К12	500	2,4	2,6	2,7	2,9	2,2	2,56
Чурубай-Нурина	Скв. 5	К10	420	6,7	6,9	6,7	6,5	6,2	6,6
	Скв. 6	К10	435	6,8	6,7	6,9	6,9	6,7	6,8
	Скв. 7	К10	440	6,7	6,6	6,8	6,7	6,9	6,74
Талдыкудукский	Скв. Т-1	К12	460	4,8	4,3	4,5	4,2	4,3	4,42
	Скв. Т-2	К12	475	4,1	4,2	4,0	4,1	4,2	4,12
	Скв. Т-3	К12	500	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	4,24

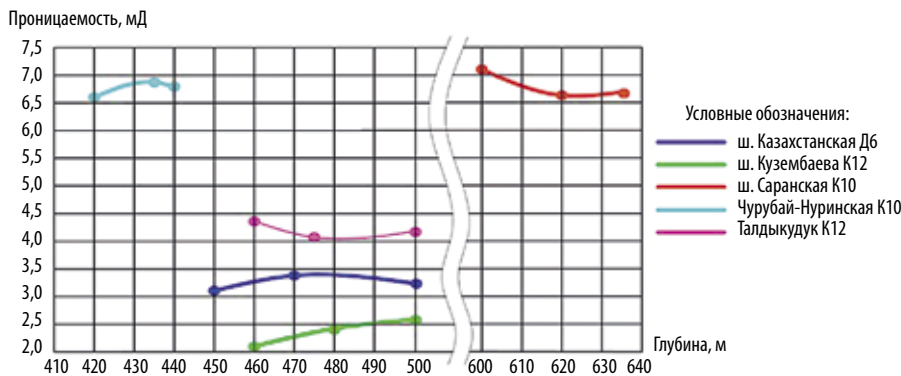


Рис. 2. Изменение проницаемости пласта
Fig. 2. Changes in in-place permeability

Суммируя мощности этих пластов, можно понять, что свиты неоднородно выдержаны. Несмотря на большое количество пластов на Тентекской свите, рабочими значатся лишь единицы. Обратная ситуация на Карагандинской и Долинской свитах (табл. 4) [8, 9].

МЕТАНОНОСТЬ

От степени преобразования органического вещества в процессе метаморфизма зависит газонасыщенность углей. С увеличением глубины залегания повышается содержание газа метана в основных пластах, и уменьшается их газопроницаемость. На основе средних значений опытных образцов была определена зависимость газонасыщенности от глубины, характеризующая Карагандинский угольный бассейн в целом (рис. 4). А также проведены исследования для отдельных пластов на основе опытных проб (табл. 5) [10, 11].

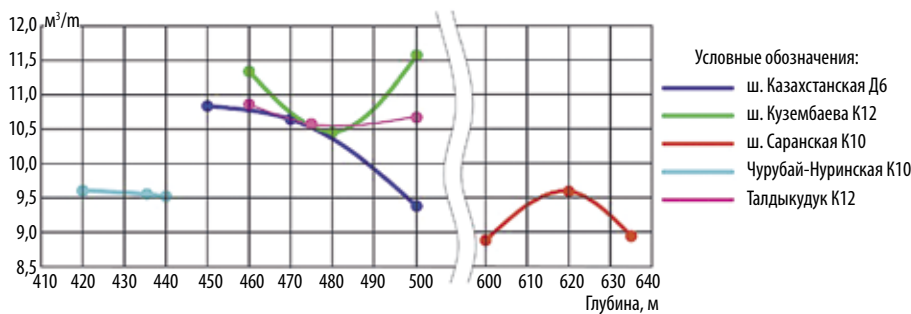


Рис. 3. Выделение метана с увеличением глубины
Fig. 3. Methane release with increasing depth

Далеко не всегда большое количество пластов является хорошим источником метана, потому что мощность некоторых может быть незначительна, поэтому и количество сорбированного в нем метана, несомненно, будет меньше. Для нарядности на графике (см. рис. 3) красным цветом обозначено количество рабочих пластов, оставшаяся часть выделена синим цветом, чтобы продемонстрировать общее количество пластов в свите.

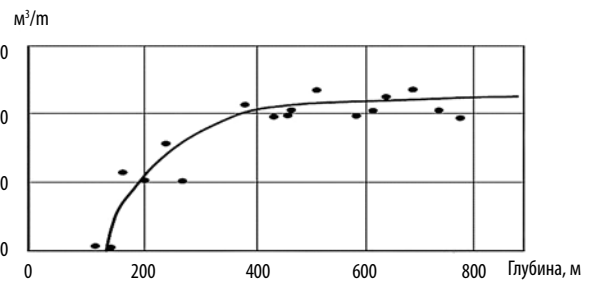


Рис. 4. Зависимость газонасыщенности от глубины
Fig. 4. Dependence of the gas content on the depth

Таблица 3

Способность выделения метана
Methane emission capacity

Участки	Шахты	Пласт	Глубина отбора проб, м	Проба №1, куб. м/т	Проба №2, куб. м/т	Проба №3, куб. м/т	Проба №4, куб. м/т	Проба №5, куб. м/т	Среднее значение по отобраным пробам, куб. м/т
Тентекский	Казахстанская	Д6	450	11,50	10,90	11,81	11,04	9,72	10,994
		Д6	470	11,20	10,26	11,24	11,80	8,95	10,69
		Д6	500	5,56	9,74	11,18	10,37	10,55	9,48
Саранский	Саранская	К10	600	9,70	8,52	7,93	8,11	9,85	8,876
		К10	620	10,52	9,74	8,56	9,55	9,72	9,618
		К10	635	9,96	8,72	7,27	8,52	9,95	8,884
Промышленный	Кузембаева	К12	460	11,50	10,90	11,24	11,80	11,45	11,378
		К12	480	10,28	10,30	10,92	9,95	10,90	10,47
		К12	500	12,69	10,22	11,81	11,04	12,27	11,606
Чурубай-Нурина	Скв. 5	К10	420	10,50	9,73	8,55	9,53	9,70	9,602
		К10	435	10,58	9,70	8,50	9,49	9,72	9,598
		К10	440	10,46	9,69	8,49	9,55	9,78	9,594
Талдыкудукский	Скв. Т-1	К12	460	12,69	10,22	11,81	11,04	12,27	11,606
		К12	475	12,5	12,3	10,0	10,12	11,03	11,19
		К12	500	12,3	10,2	11,4	10,8	12,2	11,308

Мощности угольных пластов Карагандинского бассейна

Coal seams thicknesses in the Karaganda Basin

Свита	Мощность свиты, м	Индексы пластов	Общее количество пластов и количество рабочих пластов	Суммарная мощность всех пластов и суммарная мощность рабочих пластов, м	Угленосность всех пластов и рабочих пластов, %
Ашлярикская	500-600	А1-А20	20-22	14-20	2,4-3,7
			2-4	2-6	0,3-1,1
Карагандинская	630-800	К1-К20	24-26	26-42	3,5-6,0
			9-15	13-31	1,7-4,5
Долинская	430-560	Д1-Д11	10-11	14-15	2,9-4,2
			6-9	11-12	2,3-3,3
Тентекская	515-560	Т1-Т17	16-18	17-18	3,0-3,5
			3-4	3-4	0,6-1,7
Талдыкудукский район	620-780	К1-К20	23-25	15-16	3,5-6,0
			19-20	11-13	1,7-4,5

Таблица 5

ВЛАЖНОСТЬ. ВЫХОД ЛЕТУЧИХ

Показатель выхода летучих веществ (рис. 5) рассматривается как возможная характеристика напряжений тектонических процессов (табл. 6) и неразрывно связан с влажностью угля. Именно она оказывает влияние на скорость выделения метана [12]. Проведенные исследования демонстрируют запирающий эффект газа при чрезмерной влаге пласта, что отражается на снижении выхода летучих веществ на глубинах, где повышается влажность. Например, при низком давлении происходят блокировка метана в микропорах, а также вытеснение его из крупных пор и трещин. Это явный показатель уменьшения газоотдачи пласта [13, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произведя обобщение результатов проведенных исследований, был составлен критериальный рейтинг каждого участка (табл. 7). Наивысшие баллы присваивались участкам с наиболее благоприятным показателем, наименьший балл получили участки с более негативными геолого-технологическими факторами. Например, Талдыкудукский участок характеризуется хорошей плотностью ресурсов, показателями метаноносности, десорбции и выхода летучих, однако проигрывает остальным участкам по данным проницаемости и влажности.

Исследования для отдельных пластов

Studies of individual seams

Пласты	Содержание газа, куб. м/т
Т3	13,5
Т1	20,5
Д11	20,1
Д10	19,9
Д6	21,2
Д5	11,0
Д4	10,0
Д3	14,3
Д1	12,2
К18	18,4
К13	18,4
К12	19,9
К10	17,6
К11	18,0
К7	15,2

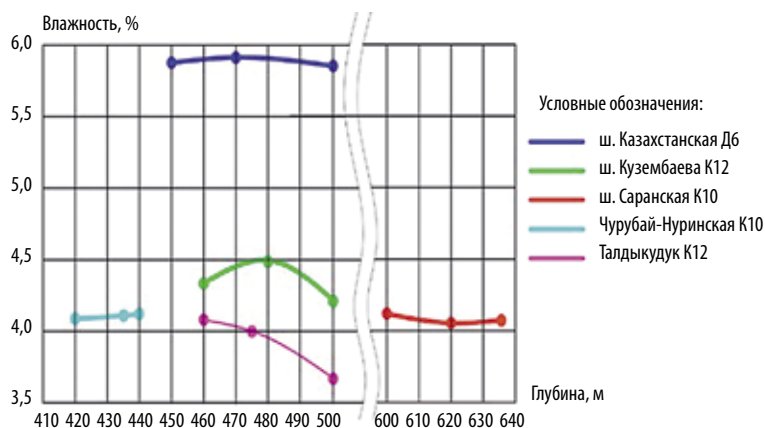


Рис.5. Показатель выхода летучих веществ

Fig. 5. Volatile-matter yield

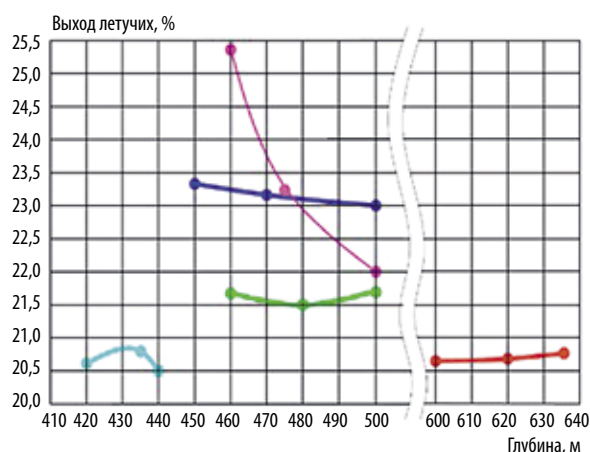


Таблица 6

Характеристика напряжений тектонических процессов

Characteristics of tectonic stresses

Название участка	Название шахты	Пласт	Глубина отбора проб, м	Масса пробы	Влажность, %	Выход летучих, %
Тентекский	Казахстанская	Д6	450	1,1069	5,8	23,4190
	Казахстанская	Д6	470	1,1506	5,83	23,1857
	Казахстанская	Д6	500	1,1391	5,78	23,0008
Саранский	Саранская	К10	600	1,4795	4,2	20,6488
	Саранская	К10	620	1,2377	4,15	20,7775
	Саранская	К10	635	1,3024	4,19	20,8080
Промышленный	Кузембаева	К12	460	1,2890	4,3	21,6441
	Кузембаева	К12	480	1,1493	4,45	21,5762
	Кузембаева	К12	500	1,1309	4,28	21,6874
Чурубай-Нури́нский	Скв 5	К10	420	1,1291	4,1	20,6675
	Скв 6	К10	435	1,1451	4,15	20,7555
	Скв 7	К10	440	1,2290	4,19	20,5575
Талдыкудукский	Скв Т-1	К12	460	1,2877	4,1	25,4057
	Скв Т-2	К12	475	1,1298	4,0	23,2047
	Скв Т-3	К12	500	1,1304	3,7	22,0055

Таблица 7

Критериальный рейтинг участков

Criteria rating of the sites

Участки	Проницаемость	Десорбция	Плотность ресурсов	Метаноносность	Выход летучих	Влажность	Сводные показатели баллов
Тентекский	4,5	9,5	6	10	10	10	50
Промышленный	3,4	10	10	9,5	9,4	8,6	50,9
Саранский	10	8,3	10	8,4	9	8,4	54,1
Чурубай-Нури́нский	9,7	8,3	10	8,4	9	8,2	53,6
Талдыкудукский	9,7	10	10	10	10	8,2	57,9

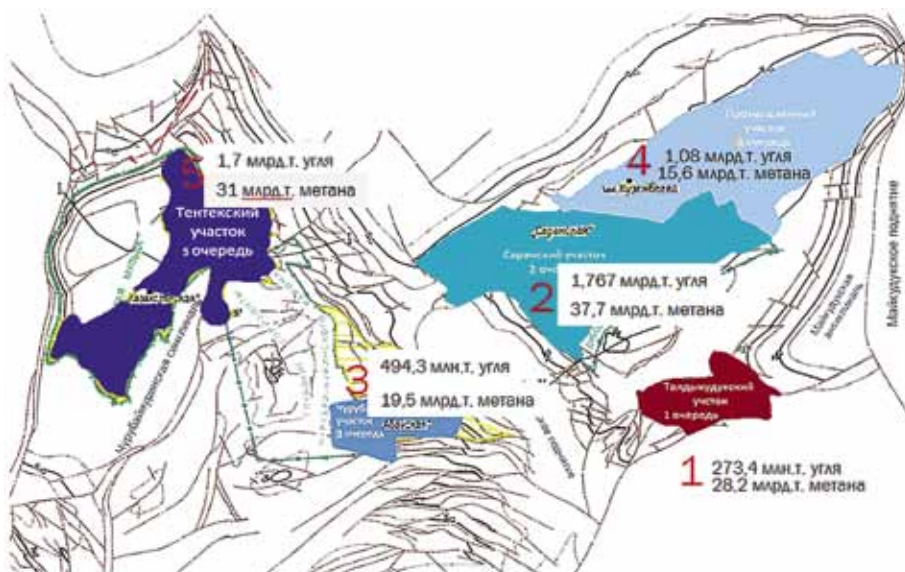


Рис. 6. Перспективные участки ресурсов метана и объемов угля

Fig. 6. Prospective zones of methane resources and coal volumes

Суммируя полученные баллы по каждому участку, можно отметить, что наиболее перспективным оказался Талдыкудукский участок, затем идут Чурубай-Нури́нский и Саранский. Наиболее низкие показатели у Тентекского участка. Именно там оказалось наибольшее количество факторов, негативно влияющих на промышленную добычу метана.

По результатам проведенных исследований была составлена карта с указанием наиболее перспективных участков для добычи метана, прогнозных ресурсов метана и объемов угля (рис. 6) [15,16].

Список литературы • References

- Ramaswamy S. Selection of best drilling, completion and stimulation methods for coalbed methane reservoirs. A Thesis of Master science. Petroleum Engineering, Texas A&M University, December 2007.
- Нетрадиционные ресурсы метана угленосных толщ / Н.М. Сторонский, В.Т. Хрюкин, Д.В. Митронов и др. // Российский химический журнал. 2008. Т. LII. № 6. С. 63-72.
Storonsky N.M., Khryukin V.T., Mitronov D.V., Shvachko E.V. Non-conventional methane resources of coal-bearing strata. *Rossiiskij himicheskij zhurnal*. 2008;LII(6):63-72. (In Russ.).
- Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Захаров В.Н. Метан угольных пластов: ресурсы, проблемы извлечения, способы утилизации // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 3. С. 49-57.
Ruban A.D., Zaburdyayev V.S., Zakharov V.N. Coalbed methane: resources, extraction challenges, utilisation methods. *Nauka i tekhnika v gazovoj promyshlennosti*. 2009;(3):49-57. (In Russ.).
- Проблемы разработки метаноносных угольных пластов, промышленного извлечения и использования шахтного метана в Карагандинском бассейне / А.Т. Айруни, Г.М. Презент, С.К. Баймухаметов и др. М: Издательство АГН, 2002. 320 с.
- Типизация метаноугольных месторождений с оценкой возможности применения различных технологий интенсификации газоотдачи угольных пластов / В.Т. Хрюкин, Н.М. Сторонский, Е.В. Швачко и др. // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 3.
Khryukin V.T., Storonsky N.M., Shvachko E.V. et al. Typification of methane-coal deposits with assessment of the possibility to use different technologies for intensification of coal bed gas recovery. *Nauka i tekhnika v gazovoj promyshlennosti*. 2009;(3).
- Drizhd N.A., Mussin R.A., Alexandrov A.Ju. Improving the Technology of Hydraulic Impact Based on Accounting Previously Treated Wells International science and technology conference "Earth science". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 272, 2019, 022031, IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022031.
- Demin, V., Demina, T., Mussin R., Zhumabekova, A. Study of edge protecting anchors influence on soil heaving of the mine working. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2020;5(443):71-80. DOI: 10.32014/2020.2518-170X.106.
- Kamarov R.K., Akhmaturov D.R., Amaliyev N.M., Mussin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychoho Universytetu*. 2018;(2):5-11.
- Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявления горного давления. М.: Недра, 1982. 192 с.
- Чай Б.Н., Судариков А.Е. Механика подземных сооружений. Учебное пособие. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2007. 159 с.
- Байкенжин М.А., Асанова Ж.М. Повышение несущей способности шахтной рамной конструкции способом применения усилителей профиля металлического проката // Горный журнал. 2021. № 5. С. 36-41.
Baikenzhin M.A., Asanova Zh.M. Enhancement of bearing capacity of the mine frame structure through application of metal rolled section stiffeners. *Gornyj zhurnal*. 2021;(5):36-41. (In Russ.).
- Нургужин М.Р., Даненова Г.Т. Моделирование физических процессов на основе ПК ANSYS. Учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 2015. 82 с.
- Shaohui Wang, Wei Zhou, Qingxiang Cai, Xuyang Shi, Xiang Lu, Boyu Luan. The Coal Mining Model Under Slippery Slope in Yim-inhe Open Pit Coal Mines. *Geotechnical and Geological Engineering*. 2019;37(5):3727-3737.
- Zhuang X., Chun J., Zhu H. A comparative study on unfilled and filled crack propagation for rock-like brittle material. *Theor. Appl. Fract. Mech*. 2014, pp. 110-120.
- Abdullayev S.S., Bondar I.S., Bakyt G.B., Ashirbayev G.K., Budiukin A.M., Baubekov, Y.Y. Interaction of frame structures with rolling stock. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2021;1(445):22-28. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.3>.
- Taran I.A. Laws of power transmission on branches of double-split hydrostatic mechanical transmissions. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2012;(2):69-75.

Authors Information

Musin R.A. – Doctor PhD, Acting Associate Professor, Mining Department, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: R.A.Mussin@mail.ru

Asanova Zh.M. – Doctor PhD, Acting Associate Professor, Mining Department, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanar-a@bk.ru

Khalikova E.R. – Doctor PhD, Senior Lecturer, Mining Department, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: salyahova_e@mail.ru

Dzhusupov N.D. – Doctoral student, 8D07202 "Mining Engineering" Curriculum, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: dzhussupov.nurbol@mail.ru

Golik A.V. – Director, JSC «i-Geo Kazakhstan», Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan

Информация о статье

Поступила в редакцию: 7.11.2023

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received November 7, 2023

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024

УДК 622.271(73):550.814 © И.В. Зеньков¹, Ле Хунг Чинь²,
Е.В. Логинова³, Ю.А. Анищенко³, В.Н. Вокин⁴, Е.В. Кирюшина⁴,
Е.В. Черепанов⁴, К.В. Раевич⁴, А.А. Латынцев⁴, 2024

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov¹, Le Hung Trinh²,
E.V. Loginova³, Yu.A. Anischenko³, V.N. Vokin⁴, E.V. Kiryushina⁴,
E.V. Cherepanov⁴, K.V. Raevich⁴, A.A. Latyntsev⁴, 2024

¹ Сибирский научно-исследовательский институт горного
и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия

¹ Siberian Research Institute of Mining and Surveying,
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

² Технический университет им. Ле Куй Дон, 11355, Ханой, Вьетнам

² Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

³ Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

³ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

⁴ Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия

⁴ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Исследование открытых горных работ на месторождениях угля в штатах Гуджарат и Раджастан на территории Индии по данным дистанционного мониторинга Земли из космоса*

Studies of surface mining operations at coal deposits in the states of Gujarat and Rajasthan on the territory of India based on Earth's remote sensing data

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-109-112>

В статье представлены результаты исследования состояния открытых горных работ на угольных месторождениях Гуджарат и Раджастан в Индии. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, а также определен годовой объем экскавации вскрышных пород и угля на территории каждого штата. По результатам спутниковой съемки выявлен тренд в стабильности объемов открытой угледобычи на исследуемой территории Республики Индия.

Ключевые слова: Республика Индия, штаты Гуджарат и Раджастан, угольные месторождения, открытые горные работы, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины, дистанционное зондирование Земли.

Для цитирования: Исследование открытых горных работ на месторождениях угля в штатах Гуджарат и Раджастан на территории Индии по данным дистанционного мониторинга Земли из космоса / И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2024;(4):109-112. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-109-112.

ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор,
заместитель директора по научной работе
Сибирского научно-исследовательского
института горного и маркшейдерского дела,
660025, г. Красноярск, Россия,
e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук,
доцент Технического университета им. Ле Куй Дон,
11355, г. Ханой, Вьетнам

ЛОГИНОВА Е.В.

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

АНИЩЕНКО Ю.А.

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

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

ВОКИН В.Н.

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

КИРЮШИНА Е.В.

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

ЧЕРЕПАНОВ Е.В.

Канд. 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

Abstract

The paper presents the results of studying the state of surface mining operations at the coal deposits in the Gujarat and Rajasthan States in India. Remote sensing studies and analytical calculations revealed the number of mining and haulage machines working in the coal pits, as well as determined the annual volume of overburden and coal excavation in each state. The results of satellite observations helped to identify a trend of keeping the volume of surface coal mining stable in the surveyed areas of the Republic of India.

Keywords

The Republic of India, Gujarat and Rajasthan States, Coal deposits, Surface mining, Coal pits, Annual coal production, Mining and haulage vehicles, Remote sensing of the Earth.

For citation

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Anischenko Yu.A., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Raevich K.V., Lатыntsev A.A. Studies of surface mining operations at coal deposits in the states of Gujarat and Rajasthan on the territory of India based on Earth's remote sensing data. *Ugol'*. 2024;(4): 109-112. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-109-112.

Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

ВВЕДЕНИЕ

В структуре мировой добычи угля одно из лидирующих мест принадлежит Республике Индия. К настоящему времени на территории Республики Индия сформирован мощный высокоразвитый промышленный потенциал. Его основой является топливно-энергетический комплекс, основанный на добыче угля открытым и подземным способом. По данным дистанционного мониторинга, добыча угля производится в одиннадцати штатах, в том числе на территории штатов Гуджарат и Раджастхан. Наша научно-практическая школа занимается исследованиями широкого спектра показателей российских и зарубежных предприятий горной промышленности с использованием спутниковых снимков: технологии разработки месторождений, размещение горных и транспортных машин, логистика, экология. С появлением технологий дистанционного зондирования Земли из космоса спектр исследований значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. По нашему мнению, эта тематика не потеряет своей актуальности в ближайшее десятилетие.

КАРЬЕРЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ В ШТАТЕ ГУДЖАРАТ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ

По данным дистанционного мониторинга, добыча угля открытым способом производится в трех карьерах на территории западной части штата и в трех карьерах в его юго-восточном секторе. Здесь отмечены благоприятные горно-геологические условия для открытой разработки угольных месторождений: мощность вскрышных пород – не более 60 м, мощность угольных пластов с углами залегания 2–4° достигает 100 м. Разработка месторождений производится без углубления горных работ с разноской одного борта. В начальный период разработки месторождений вскрышные породы размещают во внешних отвалах. С момента появления выработанного пространства в карьерах вскрышные породы отсылают на место отработанного угольного пласта. Расположение двух смежных карьеров и внешнего отвала в плане показано на рисунке.

Мощность вскрышных пород в карьере № 1 составляет 12 м. Вся толща вскрышных пород отрабатывается тремя уступами высотой 4 м каждый. Мощность угольного пласта с горизонтальным залеганием достигает 80 м. В этом карьере угольный пласт сложного строения разрабатывают двадцатью уступами высотой 4 м. Направления развития гор-

ных работ обозначены стрелками (см. рисунок). Дальность транспортировки вскрышных пород на внешний отвал из карьера № 1 составляет 3,6 км, а из карьера № 2 – 4,7 км.

Мощность вскрышных пород в карьере № 2 составляет 20–25 м. Мощность угольного пласта с горизонтальным залеганием достигает 60 м. В карьере угольный пласт разрабатывают пятнадцатью уступами высотой 4 м каждый. По данным дистанционного зондирования, в карьерах № 1 и № 2 выемку угля и вскрышных пород производят гидравлическими экскаваторами (19 ед.) типа «обратная лопата» с ковшом 2,5 куб. м. В комплексе с экскаваторами работают автосамосвалы (75 ед.) грузоподъемностью 25 т. Фронт горных работ по верхнему уступу в карьере № 1 составляет 450 м, а в карьере № 2 – 650 м.

Весь объем угля вывозят из карьеров и складывают на территории двух поверхностных складов. На складах работают аналогичные экскаваторы, которые производят отгрузку угля в магистральные автосамосвалы с дальнейшей транспортировкой на расстояние 30 км до тепловых электростанций. Суммарная производственная мощность по добыче угля двух карьеров, по нашей оценке, находится на уровне 6 млн т в год. При этом объем вскрышных работ и выемки породных междупластий составляет 5 млн т в год.

В этом же штате в 25 км на юго-восток от карьеров, показанных на рисунке, добычу угля производят в карьере с начала 1990-х годов. Этому карьере в исследованиях присвоен условный № 3. Мощность вскрышных пород в карьере № 3 составляет 35–40 м. Вся толща вскрышных пород отрабатывается девятью-десятью уступами. Мощность угольного пласта с горизонтальным залеганием достигает 40 м. Угольный пласт разрабатывают десятью уступами высотой 4 м. Отметим, что выемка вскрышных пород и угля во всех карьерах производится без предварительного рыхления буровзрывным способом.

По данным дистанционного зондирования, в карьере № 3 выемку угля и вскрышных пород производят гидравлическими экскаваторами типа «обратная лопата» (30 ед.) с ковшом вместимостью 2,5–4 куб. м. В комплексе с экскаваторами работают автосамосвалы общего назначения (70 ед.) грузоподъемностью 25–35 т и карьерные автосамосвалы грузоподъемностью 40 т (32 ед.). Фронт горных работ по верхнему уступу в карьере составляет 3760 м. По нашей оценке, производственная мощность карьера по добыче угля находится на уровне 8 млн т в год. При этом необходимый объем вскрышных работ составляет 12 млн т.

В юго-восточном секторе штата Гуджарат в трех карьерах, находящихся в 20 км на запад, в 28 км на юго-восток и в 35 км на юго-восток от г. Бхаруч, фронт горных работ составляет соответственно 0,6, 1,55 и 1,15 км. Здесь разрабатывают угольные пласты сложного строения мощностью до 100 м с углами залегания 2–4°. На вскрышных и добычных работах используют экскаваторно-автомобильные комплексы. Всего в эксплуатируемых и строящемся карьерах на выемке горных пород работает 49 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с ковшом вме-



Фрагмент открытых горных работ в двух смежных карьерах на месторождении угля в западном секторе штата Гуджарат (на снимке из космоса)

A segment of surface mining operations in two adjacent open pits at a coal deposit in the western sector of Gujarat (a space image)

стимостью 2,5 куб. м. Вывозку горной массы из карьеров обеспечивают 160 автосамосвалов грузоподъемностью 25 т. По нашей оценке, годовой объем добычи угля в трех эксплуатируемых карьерах находится на уровне 7 млн т, а объем вскрышных работ – не менее 17 млн т.

КАРЬЕРЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ В ШТАТЕ РАДЖАСТХАН ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ

Исследуемый штат Раджастан находится в северо-западном секторе Республики Индия и на юге граничит со штатом Гуджарат. На территории штата в настоящее время на шести угленасыщенных участках месторождений добыча угля производится в шести карьерах с различной производственной мощностью. Все карьеры являются поставщиками угля на тепловые электростанции. Суммарная протяженность фронта горных работ во всех карьерах по верхнему уступу составляет 7,64 км. По снимкам из космоса сделан вывод о том, что углевмещающая толща сложена однородными рыхлыми песками с небольшой примесью глинистых пород. В ходе изучения конструкций рабочих бортов карьеров установлено, что мощность вскрышной толщи составляет 40–55 м, при этом мощность угольного пласта варьирует от 12 до 20 м. Изменчивая мощность угольного пласта позволяет строить карьеры с небольшим по протяженности фронтом горных работ (не более 2 км).

При горизонтальном залегании угольных пластов в карьерах производится разноска одного борта с размещением вскрышных пород как во внешних, так и во внутренних отвалах. Лимитирующие факторы в виде рыхления горных пород буровзрывным способом отсутствуют. Поэтому объемы отработки запасов угля будут в прямой зависимости от количества работающих экскаваторов и их производительности.

В шести карьерах на вскрышных и добычных уступах работают 77 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с ковшом 2,5 куб. м. В комплексе с экскаваторами работают автосамосвалы грузоподъемностью 25 т (212 ед.) и 16 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 40 т.

Из этого комплекта горнотранспортного оборудования в двух карьерах, находящихся в 15 км на север от г. Бармер, работают 48 экскаваторов, 96 автосамосвалов общего назначения с колесной формулой 6x4 грузоподъемностью 25 т и 16 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 40 т. Карьеры являются основными и единственными поставщиками угля на тепловую электростанцию с суммарной мощностью восьми энергоблоков на уровне 1000 МВт.

По нашей оценке, в этом штате в шести карьерах объем добычи угля составляет 12 млн т в год, при этом годовой объем вскрышных работ находится на уровне 26 млн т. Добыча угля в карьерах производится для обеспечения тепловых электростанций, работающих в штате Раджастан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки, как средства объективного контроля, освобожденного от субъективистских оценок, определен технологически и технически достижимый уровень производственных мощностей по добыче угля в двух штатах Индии – Гуджарат и Раджастан. По нашей оценке, общий объем добычи угля в карьерах на территории этих штатов, исходя из технологий производства горных работ и производительности горной техники, находится на уровне 33 млн т в год. При этом необходимо обеспечить объем вскрышных работ и отработки породных междупластьев в угольных пластах сложного строения на уровне 60 млн т.

Список литературы • References

1. Исследование динамики производственных мощностей по добыче угля и выработке электроэнергии в штате Виктория с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 105-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-105-108. Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Gerasimova E.I., Shtresler K.A. Investigating into dynamics of coal mining and electricity generation capacities in the State of Victoria using Earth's remote sensing data. *Ugol'*. 2023;(9):105-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-105-108.
2. Объекты угольной генерации электроэнергии в горнопромышленном районе на юго-западе штата Западная Австралия по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, М.В. Сафронов и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 94-97. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-94-97. Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Safronov M.V., Karacheva G.A., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Veretenova T.A., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Lunev A.S. Coal-fired power generation facilities in a mining district in the southwestern part of Western Australia based on satellite imaging data. *Ugol'*. 2022;(12):94-97. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-94-97.
3. Мухамеджанов И.Д., Константинова А.М., Лупян Е.А. и др. Оценка возможностей спутникового мониторинга динамики речного стока на примере анализа состояния реки Амударья // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 1. С. 87-103. Mukhamedjanov I.D., Konstantinova A.M., Loupian E.A. et al. Evaluation of satellite monitoring capabilities of streamrunoff based on the Amu Darya River state analysis. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2022;19(1):87-103. (In Russ.).

4. Корниенко С.Г. Характеристика антропогенных трансформаций ландшафтов в районе Бованенковского месторождения по данным спутников Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 2. С. 106-129. Kornienko S.G. Characteristics of anthropogenic transformations of terrains in the area of Bovanenkovo field based on Landsat satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2022; 19(2):106-129. (In Russ.).
5. Chowdhury S.J.K., Harun-Al-Rashid A., Yang C.S. et al. Detection of Macroalgal Bloom from Sentinel-1 Imagery. *Remote Sens*. 2023;15:4764.
6. Shen B., Guo J., Li Z. et al. Comparative Verification of Leaf Area Index Products for Different Grassland Types in Inner Mongolia, China. *Remote Sens*. 2023;15:4736.
7. Holsinger L.M., Parks S.A., Saperstein L.B. et al. Improved fire severity mapping in the North American boreal forest using a hybrid composite method. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022;8(2):222-235.
8. Borges J., Higginbottom T.P., Cain B. et al. Landsat time series reveal forest loss and woody encroachment in the Ngorongoro Conservation Area, Tanzania. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022;8(6):808-826.
9. Kuhwald K., Schneider von Deimling J., Schubert Ph. et al. How can Sentinel-2 contribute to seagrass mapping in shallow, turbid Baltic Sea waters? *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022;8(3):328-346.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.03.2024).

Authors Information

Zenkov I.V. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung – PhD (Engineering), Associate Professor, Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

Loginova E.V. – PhD (Economic), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

Anischenko Yu.A. – PhD (Economic), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

Vokin V.N. – PhD (Engineering), Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Kiryushina E.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Cherepanov E.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Raevich K.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Latyntsev A.A. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 1.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 1, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024



**4-7 июня 2024
Новокузнецк**

XXXII Международная специализированная
выставка технологий горных разработок

УГОЛЬ и МАЙНИНГ **РОССИИ**

XIV Международная специализированная выставка

ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

IX Международная специализированная выставка

НЕДРА РОССИИ

ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС! ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!



уголь



руды



промышленные минералы



охрана и безопасность труда



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:
Выставочный комплекс «Кузбасская ярмарка»,
ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк,
т: 8 (800) 500-40-42





BELSHINA

НОВЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ СВЕРХКРУПНОГАБАРИТНЫЕ ШИНЫ «BELSHINA»

49-63 дюйма

РЕКЛАМА



Гарантийное обслуживание шин до полного износа

Индивидуальный контроль качества эксплуатации шин

Мониторинг состояния шин и условий эксплуатации с помощью онлайн-сервиса в режиме реального времени

Постоянный анализ и контроль режимов эксплуатации квалифицированными шинными инженерами

Оптимальное соотношение цена / качество



www.belshina.by