

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

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

# УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

[WWW.UGOLINFO.RU](http://WWW.UGOLINFO.RU)

# 1-2024

**TAPP** GROUP

TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY

ПОДРОБНЕЕ НА СТР. 16-17



**ЭФФЕКТИВНОЕ ДРОБИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

## Бородинский РМЗ отметил 50-летие

Бородинский ремонтно-механический завод, сервисное ремонтное и машиностроительное предприятие СУЭК в Красноярском крае, отпраздновал 50-летие.

За эти годы Бородинский РМЗ вышел в лидеры не только среди сервисных подразделений Компании. «Завод занимает особое место в структуре угольной промышленности Красноярского края», – уверен **генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров**. Профессиональный коллектив, современное высокотехнологичное оборудование позволяют выпускать широкий спектр запчастей для импортной техники. Завод также способствует расширению кооперационных связей края – бородинская продукция и услуги востребованы в регионах России от Кузбасса до Приморья. Специалисты РМЗ также осуществляют наладку экскаваторов в Мордовии.

Чествование коллектива и ветеранов завода-юбилера состоялось в бородинском Дворце культуры «Угольщик». Со сцены ГДК в их адрес звучали слова поздравлений и благодарности за труд от руководителей предприятия, города, СУЭК. «За 50 лет завод вместе со всей страной пережил взлеты и падения, всегда выходил с честью из кризисов, и мы гордимся его историей, ветеранами, сотрудниками, производственными достижениями, – подчеркнул **директор по сервисному бизнесу СУЭК Антон Боткин**. – С 2014 г. РМЗ удерживает звание передового предприятия по производству запасных частей, в том числе по программе импортозамещения. Все это благодаря вам, уважаемые заводчане, вашему постоянному же-



*ланию развиваться, расти. Именно вы пишете историю завода, и я уверен, что Бородинский РМЗ и дальше останется предприятием-рекордсменом».*

Десятки специалистов и ветеранов получили почетные грамоты и благодарности СУЭК, главы города и Совета депутатов Бородино. Бородинскому РМЗ также вручили Почетный знак за особый вклад в развитие территории. «За полвека завод прошел славный путь – строился, накапливал силы, развивался, приумножал свои возможности и укреплял позиции, – поздравил земляков **мэр Бородино Александр Веретенников**. – Сегодня это уникальное предприятие с отличной производственной базой, современными технологиями, высокопрофессиональным коллективом. Желаю вам новых достижений, стабильности, каждому сотруднику здоровья и благополучия».

Завершился праздничный вечер выступлением солистов Красноярского государственного театра оперы и балета имени Дмитрия Хворостовского.



**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

**Иностраные 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»

**ЯНВАРЬ****1-2024** /1176/**УГОЛЬ****ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА**

Глинина О.И.

Международный форум «Российская энергетическая неделя – 2023» \_\_\_\_\_ 6

Хроника. События. Факты. Новости \_\_\_\_\_ 12

Хохлачев Борис Сергеевич (к 70-летию со дня рождения) \_\_\_\_\_ 15

**ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ**

Лохов Д.С.

Выгодное дробление \_\_\_\_\_ 16

Делимся опытом обогащения

Что с плотностью разделения в схеме обогащения угольного шлама? \_\_\_\_\_ 18

**В ПОМОЩЬ ГОРНЯКУ**

Лещевич К.В., Ефимушкин Н.А.

Крепление горных выработок в ослабленных породах кровли  
с применением канатных анкеров АК 01-21Н \_\_\_\_\_ 20**РЕГИОНЫ**

Лыщикова Ю.В.

Проблемы и перспективы внедрения концепции «Умный регион»  
в угледобывающих субъектах Российской Федерации \_\_\_\_\_ 25**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

Канзычаков С.В., Азев В.А., Захаров С.И., Коркина Т.А., Конакова О.В.

Адаптация деятельности персонала угледобывающего предприятия к внешним вызовам \_\_\_\_\_ 32

**ИННОВАЦИИ**

Афанасьев В.Я., Краев В.М., Тихонов А.И.

Анализ источника выработки перспективного углеводородного топлива \_\_\_\_\_ 37

**ЭКОНОМИКА**

Петров И.В., Курошев И.С., Курчакова А.С., Григорьев А.В., Шкарупа А.А.

Актуализация информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям  
в области добычи и обогащения угля. Система показателей наилучших доступных технологий \_\_\_\_\_ 43

Корнилова К.А., Иваев М.И., Никульников Н.В., Трубецкая О.В.

Промышленный туризм в угольной отрасли: вопросы информационной открытости  
и инфраструктурного потенциала \_\_\_\_\_ 51

Кузина Е.С.

Экономические механизмы реализации заблаговременной дегазационной подготовки  
угольных месторождений России для повышения безопасности труда \_\_\_\_\_ 55**ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ**

Халкечев Р.К., Левкин Ю.М., Халкечев К.В., Кузьменко С.Ю.

Нечеткая модель определения формы устойчивого целика в углевмещающих породах \_\_\_\_\_ 61

**ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ**

Кудреватых А.В., Дадонов М.В., Ащеулов А.С., Кудреватых Н.В.

К вопросу применения принципов бережливого производства  
в процессе эксплуатации карьерных автосамосвалов на угольных разрезах \_\_\_\_\_ 64**БЕЗОПАСНОСТЬ**

Пернебек Б.П., Семенов Ю.В., Рыбичев А.А., Козлова Л.О.

Оценка эффективности смачиваемости угольной пыли при разных температурах растворов \_\_\_\_\_ 70

Арефьева Н.М., Щербакова Е.А.

Оценка психосоциальных рисков на угледобывающих предприятиях \_\_\_\_\_ 75

**ЭКОЛОГИЯ**

Белов А.Н., Розломий Н.Г., Репш Н.В., Берсенева С.А., Коляда А.С.

Особенности динамики изменения растительности при зарастании территории  
техногенного объекта в условиях юга Дальнего Востока (Россия) \_\_\_\_\_ 80

**ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»**

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

**Генеральный директор**  
**Ольга ГЛИНИНА**

**Научный редактор**

**Ирина КОЛОБОВА**

**Менеджер**

**Ирина ТАРАЗАНОВА**

**Ведущий специалист**

**Валентина ВОЛКОВА**

**Технический редактор**

**Наталья БРАНДЕЛИС**

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН

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

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

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

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

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

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН

в Интернете на веб-сайте

**www.ugolinfo.ru**

**www.ugol.info**

и на отраслевом портале

«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

**www.rosugol.ru**

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Научный редактор И.М. КОЛОБОВА

Корректор В.В. ЛАСТОВ

Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 29.12.2023.

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»

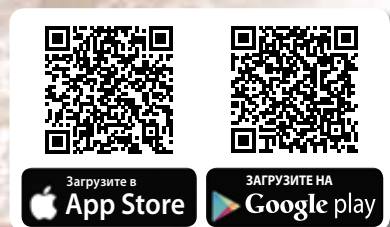
117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 137705

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



© ЖУРНАЛ «УГОЛЬ», 2024

**ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

Вавилов В.И., Косарев Л.В.

Сжигание несортированных углей в псевдосжиженном слое \_\_\_\_\_ 86

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ**

Муминов Р.О., Рузибаев А.Н., Жураев Н.Н., Равшанов Ж.Р., Кузиев Д.А.

Разработка мероприятий по совершенствованию  
вращательно-падающего механизма бурового станка \_\_\_\_\_ 94

**БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ**

Галимьянов Ал.А., Черских О.И., Рассказова А.В., Белоцерковский Д.А., Галимьянов Анд.А.

Методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного  
взрывчатого вещества в обводненных скважинах \_\_\_\_\_ 100

**ЗА РУБЕЖОМ**

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

Кирюшина Е.В., Маглинец Ю.А., Раевич К.В., Латынцев А.А.

Добыча угля открытым способом в провинциях Фри-Стейт и Мпумаланга  
на территории Южно-Африканской Республики по данным спутниковой съемки \_\_\_\_\_ 109

**Список реклам**

TAPP Group	1-я обл.	АО «СУЭК»	4-я обл.
АО «СУЭК»	2-я обл.	НПП Завод МДУ	50
MWK	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**

<b>1 мес.</b>	<b>На год</b>
<b>750</b>	<b>9 000</b>

**Доставка заказной бандеролью**

<b>1 мес.</b>	<b>На год</b>
<b>850</b>	<b>10 200</b>

**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; Т7728; 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  
**ROZHKOVA A.A.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Moscow, 119071, Russian Federation  
**RYBAK L.V.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Moscow, 119034, Russian Federation  
**SKRYL' A.I.**, Mining Engineer,  
Moscow, 119049, Russian Federation  
**SUSLOV V.I.**, Dr. (Economic), Prof.,  
Corresp. Member of the RAS,  
Novosibirsk, 630090, Russian Federation  
**SHCHADOV V.M.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Moscow, 119034, Russian Federation  
**YAKOVLEV D.V.**, Dr. (Engineering), Prof.,  
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

**Foreign members of the editorial council:**

Prof. **Guenther APEL**, Dr.-Ing.,  
Essen, 45307, Germany  
Prof. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering),  
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 LLC**

Leninsky 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

**FOUNDERS**

MINISTRY OF ENERGY  
THE RUSSIAN FEDERATION,  
UGOL' JOURNAL EDITION LLC

**JANUARY  
1'2024**

**UGOL' / RUSSIAN  
COAL  
JOURNAL**

**CONTENT**

**INFORMATION & ANALYTICS**

Glinina O.I.  
**Russian Energy Week International  
Forum 2022 outcomes. REW-2022** \_\_\_\_\_ 6  
**The chronicle. Events. The facts. News** \_\_\_\_\_ 12

**COAL PREPARATION**

Lokhov D.S.  
**Profitable crushing** \_\_\_\_\_ 16  
**What is the state of the separation density  
in the coal slime processing circuit?** \_\_\_\_\_ 18

**FOR A MINER'S REFERENCE**

Leshchevich K.V., Efimushkin N.A.  
**Support of mine workings in weakened roof  
rocks using the AK 01-21H cable bolts** \_\_\_\_\_ 20

**REGIONS**

Lyshchikova J.V.  
**Problems and prospects of implementation  
of the "Smart Region" concept in the coal  
mining regions of the Russian Federation** \_\_\_\_\_ 25

**PRODUCTION SETUP**

Kanzychakov S.V., Azev V.A., Zakharov S.I.,  
Korkina T.A., Konakova O.V.  
**Adaptation of activities of coal-mining  
company's personnel to external challenges** \_\_\_\_\_ 32

**INNOVATIONS**

Afanasiev V.Ya., Kraev V.M., Tikhonov A.I.  
**Analysis of promising hydrocarbon  
fuel production sources** \_\_\_\_\_ 37

**ECONOMICS**

Petrov I.V., Kuroshv 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** \_\_\_\_\_ 43

Kornilova K.A., Ivaev M.I., Nikulnikov N.V.,  
Trubetskaya O.V.  
**Industrial tourism in the coal industry:  
the issues of information transparency  
and infrastructural potential** \_\_\_\_\_ 51

Kuzina E.S.  
**Economic mechanisms for the implementation  
of early degassing preparation of coal  
deposits in Russia to improve labor safety** \_\_\_\_\_ 55

**UNDERGROUND MINING**

Khalkechev R.K., Levkin Yu.M.,  
Khalkechev K.V., Kuzmenko S.U.  
**Fuzzy model of the shape determining  
of a stable pillar in coal-bearing rocks** \_\_\_\_\_ 61

**SURFACE MINING**

Kudrevatykh A.V., Dadonov M.V.,  
Ashcheulov A.S., Kudrevatykh N.V.  
**The issue of applying the principles  
of lean manufacturing in the operation  
of dump trucks at coal mines** \_\_\_\_\_ 64

**SAFETY**

Pernebek B.P., Semenov Yu.V.,  
Rybichev A.A., Kozlova L.O.  
**Assessment of the effectiveness  
of wettability of coal dust  
at different solution temperatures** \_\_\_\_\_ 70  
Arefyeva N.M., Shcherbakova E.A.  
**Assessment of psychosocial risks  
at coal mining enterprises** \_\_\_\_\_ 75

**ECOLOGY**

Belov A.N., Rozlomiy N.G., Repsh N.V.,  
Berseneva S.A., Kolyada A.S.  
**Features of the dynamics of changes  
in vegetation during overgrowing  
of the territory of a man-made object  
in the conditions of the south  
of the Far East (Russia)** \_\_\_\_\_ 80

**HEAT AND POWER ENGINEERING**

Vavilov V.I., Kosarev L.V.  
**Incineration of unsorted coals  
in fluidized bed** \_\_\_\_\_ 86

**MINING EQUIPMENT**

Muminov R.O., Ruzibaev A.N.,  
Juraev N.N., Ravshanov J.R., Kuziev D.A.  
**Development of measures to enhance  
the rotation and feed mechanism  
of a drill rig** \_\_\_\_\_ 94

**DRILLING AND BLASTING OPERATIONS**

Galimyanov A.I.A., Cherskikh O.I., Rasskazova A.V.,  
Belotserkovsky D.A., Galimyanov A.A.  
**Methodology of assurance of charge quality  
for emulsion explosive in water wells** \_\_\_\_\_ 100

**ABROAD**

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V.,  
Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V.,  
Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A.  
**Surface coal production in the Free State  
and Mpumalanga provinces  
of the Republic of South Africa based  
on satellite imaging data** \_\_\_\_\_ 109



## Уважаемые читатели!

*Традиционно в первом номере журнала в новом году мы встречаемся с Вами и подводим итоги ушедшего года. Выражаю благодарность всем нашим читателям, шагнувшим вместе с журналом «Уголь» в следующий год и продолжающим с интересом следить за нашими публикациями.*

В августе 2022 г. угольная промышленность России впервые в истории столкнулась с рядом не существовавших ранее вызовов: это и многочисленные санкции, введенные недружественными государствами, попытки дискриминации российских углеводородных ресурсов, в частности угля, и кардинальное изменение внешнеэкономической ситуации. Влияние этих процессов продолжилось и в 2023 г.

Сегодня частью мирового сообщества происходит пересмотр энергетической политики в сторону существенного сокращения темпов энергоперехода от потребления традиционного топлива к возобновляемым источникам энергии. При этом мировая добыча и потребление угля каждый год ставят новые рекорды. Уголь последние годы продолжил занимать устойчивые позиции на мировом рынке – мировое производство угля составило более 8,8 млрд т. Этот рост продолжается.

Кроме внешних отрасль столкнулась и с внутренними вызовами: ограниченная провозная мощность железных дорог Восточного полигона; изменения в логистике грузопотоков на железнодорожной инфраструктуре, которые повлекли за собой сокращение суммарного вывоза угля на экспорт; увеличение затрат на морскую транспортировку российского угля в связи с переориентацией экспортных потоков из Европы в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР); увеличение себестоимости производства в связи с удорожанием оборудования; изменение фискальной нагрузки и необходимость дополнительных объемов потребления угля для надежного обеспечения энергоснабжения российских потребителей.

Несмотря на все вызовы, российская угольная промышленность показала свою устойчивость. Угольные компании и трудовые коллективы ответственно и с полной отдачей выполнили взятые на себя обязательства перед потребителями и партнерами. Отрасль продолжила реализовывать сложные и масштабные инвестиционные проекты, осуществлять модернизацию своих производственных мощностей, внедрять новые технологии и цифровые решения.

Ключевой целью угольной промышленности России, как ветви топливно-энергетического комплекса, продолжает оставаться обеспечение энергетической безопасности и надежного энергоснабжения российских потребителей, а также конкурентоспособности российских компаний на внешнем рынке.

Угольная промышленность почти сохранила уровень добычи и отгрузки угля, а главное, также сохранила стабильную, устойчивую работу трудовых коллективов. Увеличились объемы потребления угля на внутреннем рынке, в первую очередь на электростанциях. Продолжается реализация крупных проектов по развитию действующих и открытию новых объектов по добыче и переработке угля, развитию железнодорожной и портовой инфраструктуры. Развиваются биржевые механизмы реализации угля. За прошедший год удалось продолжить устойчивую переориентацию логистики поставок угольной продукции на восточное направление, в первую очередь в страны АТР и глобального Юга.

С 2022 г. кратно вырос экспорт угля из России в Китай и Индию. В 2023 г. в Китай экспортировано около 100 млн т (+74,6% г./г.), а в Индию – более 28 млн т (+110,9%).

За 2023 г. в страны БРИКС экспорт может составить свыше 140 млн т (+78,6% г./г.), а доля от общего объема экспорта российского угля вырастет до 67%.

В настоящее время разрабатывается межправительственное соглашение между Россией и Китаем, предусматривающее зафиксировать поставки российского угля в Китай на уровне не менее 100 млн т в год.

Хочу также обратить внимание на отечественные разработки в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс», которые имеют большое значение для развития угольной промышленности России. В частности, одной из значимых для горного производства является разработка и создание беспилотного (роботизированного) карьерного самосвала грузоподъемностью 220 т для угольного разреза.

Разрабатываемые в России модельные объекты таких беспилотных самосвалов, апробированных на специальном модельном промышленном полигоне и адаптированных к специфическим условиям горного производства, будут полностью готовы для дальнейшего тиражирования на любых угольных предприятиях Кемеровской области – Кузбасса и субъектов Российской Федерации.

Хотелось бы отметить, что угольная отрасль сделала большой рывок в области безопасности и экологии и одна из первых полностью адаптирована к рынку. Производство и реализация продукции отрасли осуществляются частными предприятиями в условиях рыночного ценообразования, а финансирование инвестиционных проектов осуществляется за счет собственных и привлеченных средств.

Проведена масштабная работа по кратному снижению негативного воздействия на компоненты природной среды. В частности, за последние 5 лет сброс загрязненных сточных вод сокращен на 41,2%, а уровень рекультивации земель (от годового нарушения) увеличен почти в 4 раза.

Стоит также обратить внимание, что в декабре 2023 г. утвержден актуализированный информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 37–2023 «Добыча и обогащение угля» с датой введения в действие с 1 марта 2025 г., что дает возможность организациям угольной промышленности завершить «цикл» получения первых комплексных экологических разрешений с последующей их актуализацией уже по новому справочнику.

В обновленном справочнике увеличено количество перспективных технологий, расширен перечень маркерных веществ для оценки выбросов и сбросов загрязняющих веществ, образующихся непосредственно в результате деятельности предприятий угольной отрасли, приведены индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов.

При этом промышленная безопасность и охрана труда в угольной отрасли для нас были и есть в особом приоритете. На регулярной основе ведется работа по анализу деятельности угольных шахт с высоким риском аварийности и эффективности принимаемых мер по снижению рисков возникновения аварийных ситуаций в шахтах для повышения безопасности ведения горных работ, а также по повышению качества подготовки и квалификации работников угледобывающих предприятий.

В ушедшем году принят и с сентября вступил в силу Федеральный закон № 373-ФЗ, предусматривающий сокращение периодичности проведения обучения по дополнительным профессиональным программам работников организаций по добыче (переработке) угля (горючих сланцев), осуществляющих руководство горными и взрывными работами, с 5 до 3 лет. Считаю, что повышение уровня профессиональной подготовки и квалификации указанной категории работников организаций угольной отрасли будет способствовать усилению ответственного отношения к выполнению требований промышленной безопасности, уменьшению возможных рисков возникновения аварийных ситуаций и случаев производственного травматизма при управлении горными работами.

Сегодня уже многое сделано, но нельзя останавливаться на достигнутом. Угледобывающее и углеперерабатывающее производство сопряжено со значительными рисками и требует постоянного внимания и совершенствования.

Вместе с тем в настоящее время начата и продолжается работа по развитию угольной промышленности Донецкой Народной Республики и Луганской Народной Республики. На Донбассе имеются подтвержденные запасы каменного угля, где распространены все основные марки энергетических и коксующихся каменных углей. При этом угольные месторождения характеризуются сложными горно-геологическими условиями разработки.

Согласно Программе развития топливно-энергетического комплекса Донецкой Народной Республики и Луганской Народной Республики угольная отрасль республик будет реформирована и продолжит работать в условиях рыночной экономики.

Каждый шахтер, каждый из Вас внес вклад в развитие угольной отрасли своим самоотверженным трудом. Определяя перспективы и горизонты развития, мы всегда считываем на профессионализм, целеустремленность, силу духа людей, которые работают в угольной отрасли.

***От имени коллектива редакции, от имени Министерства энергетики Российской Федерации поздравляю Вас, наши читатели и работники угольной промышленности, Ваших родных и близких с Новым 2024 годом! Желаю достижения целей и исполнения заветной мечты, крепкого здоровья, семейного благополучия и счастья!***

***С уважением,  
С.В. Мочальников,  
заместитель Министра энергетики  
Российской Федерации,  
главный редактор журнала «Уголь»***



## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

# «РОССИЙСКАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ – 2023»

Обзор подготовила Ольга Глинина

Обзор итогов РЭН • Краткий обзор итогов РЭН • Краткий обзор итогов РЭН • Краткий обзор итогов РЭН

*Российская энергетическая неделя (РЭН) – международная платформа для обсуждения основных вызовов, с которыми сталкивается энергетический сектор экономики, и актуальных вопросов развития ТЭК – прошла в Москве с 11 по 13 октября 2023 г. в ЦВЗ «Манеж». Организаторы Форума - Фонд Росконгресс, Министерство энергетики Российской Федерации при поддержке Правительства Москвы.*

*В рамках деловой программы Форума и Молодежного дня РЭН состоялось свыше 70 мероприятий с участием более 225 спикеров. Всего в Российской энергетической неделе – 2023 приняли участие свыше 5000 делегатов из 84 стран и территорий. В мероприятиях Молодежного дня приняли участие более 2000 участников. Форум продемонстрировал высокую заинтересованность международного делового сообщества в сотрудничестве с Россией по широкому спектру направлений энергетической сферы. Гостями Форума стали свыше 1200 представителей иностранного и российского бизнеса более чем из 250 компаний. Впервые в Международном форуме приняли участие представители таких стран и территорий, как Йемен, Каймановы острова, Никарагуа, Руанда, Чад.*

Форум «Российская энергетическая неделя» проводится с 2017 г. и успел приобрести статус главного события в сфере энергоэффективности в России и за рубежом.

Мероприятие традиционно проходит с участием представителей федеральных органов власти, руководителей крупнейших компаний энергетической отрасли, отраслевых организаций, средств массовой информации. Цель Форума – демонстрация перспектив российского топливно-энергетического комплекса и реализация потенциала международного сотрудничества в сфере энергетики. Форум стал площадкой для обсуждения основных вызовов, с которыми сталкивается энергетический сектор экономики, и актуальных проблем развития: га-

зовой отрасли; нефтяной отрасли, угольной отрасли, нефтехимии, электроэнергетики, атомной энергетики, гидроэнергетики, энергетики на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), энергосбережения и повышения энергоэффективности.

### НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: СОЗДАВАЯ БУДУЩЕЕ

На площадке РЭН – 2023 присутствовали представители разных стран, руководители крупнейших энергетических компаний и организаций, ученые и эксперты. Центральная тема в этом году – «Новая реальность мировой энергетики: создавая будущее».



Программа Форума была организована по четырем направлениям: «Международная повестка», «Развитие отраслей ТЭК», «Научно-технологическое развитие и цифровая трансформация», «Устойчивое развитие и климат». Также состоялись двусторонние встречи, переговоры и деловые завтраки. Площадку Форума посетили 36 глав дипломатического корпуса и свыше 1200 представителей иностранного и российского бизнеса более чем из 250 компаний. Самые многочисленные делегации – из Венесуэлы, Саудовской Аравии, Китая, Вьетнама, Турции, Ирана, Ирака.

**Ключевым событием делового цикла Форума стало пленарное заседание, в котором приняли участие Президент Российской Федерации Владимир Путин и премьер-министр Республики Ирак Мухаммед ас-Судани.**

В своем выступлении В.В. Путин обозначил четыре ключевых элемента трансформации российского ТЭК, которые носят фундаментальный характер и являются частью суверенной стратегии России: структурная трансформация ТЭК РФ – развитие внутреннего рынка; диверсификация экспорта; увеличение глубины переработки; развитие должно идти на базе собственных технологий и оборудования.

**Владимир Путин** назвал базовым приоритетом РФ в энергетике обеспечение внутреннего рынка: «Наш базовый приоритет – это обеспечение национального рынка, достаточное предложение топливно-энергетических ресурсов внутри страны. Причем: речь идет не только о текущих потребностях бизнеса и граждан. Будем последовательно работать над качественным развитием собственного рынка, увеличением его емкости. Возможности здесь, безусловно, огромные... Планируется включение в единую систему газоснабжения газопроводов «Сила Сибири» и «Сахалин – Хабаровск – Владивосток». Запущен проект газификации Камчатского края с помощью СПГ. А Мурманская область и Карелия получают газ от газопровода «Волхов – Мурманск – Белокаменка».



фото Сергей Шинов

В прошлом году в России был зафиксирован рекордных объем энергопотребления, и есть основания полагать, что в текущем году он будет обновлен. «Здесь не нужно говорить специалистам. Если растет объем энергопотребления, значит, экономика растет. Собственно, это подтверждается и другими данными», – добавил **В.В. Путин**.

Ключевое условие для уверенного развития энергетического рынка – стабильность и доступность цен на электроэнергию, сырье, топливо. «Хочу вновь обратить внимание наших ведущих энергокомпаний. В приоритете должны быть поставки топлива именно отечественным потребителям. В свою очередь правительство прошу действовать более оперативно, принимать меры превентивного характера», – предупредил **В.В. Путин**.

«Вторая стратегическая задача российского ТЭКа – это создание максимальной добавленной стоимости, развитие глубокой переработки нефти и газа», – добавил **В.В. Путин**. По его словам, Россия уже серьезно продвинулась в этой сфере.

Третье направление структурной трансформации ТЭКа – формирование полного суверенитета отрасли: технологического, кадрового и финансового. **В.В. Путин** отметил, что проекты в отрасли все больше основываются на отечественном оборудовании и программном обеспечении. «Предстоит кардинально увеличить долю российского оборудования, особенно критически важного. Вывести на новый уровень подготовку квалифицированных кадров. И, конечно, сформировать собственные механизмы финансирования инвестпроектов».

Четвертое направление связано с новыми перспективами и географией экспорта.

**Заместитель Председателя Правительства Александр Новак** принял участие в заключительном дне Международного форума «Российская энергетическая неделя». Он выступил на пленарном заседании «Энергетика – 2035: будущее сферы» и принял участие в мероприятии «Битва поколений: эксперты против молодых умов».

«Российская энергетическая неделя – это всегда специализированные, узконаправленные, целевые дискуссии с экспертами со всего мира. Здесь нет бесед на общие темы, все предельно четко и по делу. Такой фокус позволяет выжать максимум возможностей от живого общения с единомышленниками, которым не нужно тратить время на то, чтобы найти общий язык. По участникам РЭН видно, что они соскучились по такому живому общению. Форум вновь привлек всех, кто заинтересован в совместном развитии энергетики, тех, кто хочет работать вместе на перспективу. Отлично, что широкое представление в этом году получили зарубежные государства. Уверен, что эта площадка еще



многие годы будет оказывать непосредственное влияние на международные отношения в целом и на сферу энергетики в частности», – подчеркнул **Александр Новак**.

**Александр Новак** отметил три ключевые цели стратегии развития российской энергетики: «Во-первых, мы должны обеспечить устойчивую работу нашей традиционной энергетики: нефтегазовой отрасли, электроэнергетики и угольной отрасли. Во-вторых, мы будем продолжать диверсифицировать свой топливно-энергетический комплекс, развивая новые направления и продвигая новую продукцию, например нефтегазохимию и производство сжиженного природного газа. И третье направление – мы будем продолжать улучшать наш энергетический баланс с точки зрения повышения его чистоты. В России будет увеличиваться доля атомной и возобновляемой энергетики, при этом мы сохраним совершенный и взвешенный топливный баланс, в котором будут нефть, газ и уголь, и другие источники. Правительство разработало такую стратегию совершенствования энергобаланса в составе Энергетической стратегии России до 2035 г., но мы уже думаем продлить ее до 2050 г.»

**Министр энергетики РФ Николай Шульгинов** назвал ключевые факторы российско-африканского энергетического взаимодействия, которые будут способствовать дальнейшему развитию стран Африки. Об этом он рассказал на панельной сессии «Россия-Африка: перспективы сотрудничества в области энергетики» в ходе «Российской энергетической недели» (РЭН-2023).

«Участие различных африканских стран в наших мероприятиях говорит о том, что Россия привлекает своими предложениями по энергетическому сотрудничеству партнеров из Африки. На континенте работают многие страны, мы конкурируем, бывает и здоровая конкуренция, но российские партнеры всегда более гибкие, с ними легче договариваться; кроме внедрения и реализации проектов, они занимаются и обучением персонала», – отметил министр.

**Николай Шульгинов** подчеркнул, что потенциал Африки очевиден. Рост ВВП, рост населения – все это приводит к увеличению энергопотребления на континенте. По его словам, энергетика должна работать на опережение роста экономики. «Но не всегда так получается. Есть регионы, отдельные районы, где наблюдается энергетическая бедность, нет доступа к энергоресурсам. И наша задача – реализовывая наше сотрудничество, помогать решать в том числе и эти вопросы», – сказал он.

По мнению **Николая Шульгинова**, есть несколько направлений энергетического взаимодействия, которые могут способствовать дальнейшему развитию стран Африки. «В первую очередь, это помощь в разведке и добыче энергоресурсов. Второе – это борьба с энергодефицитом, который там есть. И третье – это изношенная инфраструктура, плохо работающие станции, ненадежные,

что приводит к отключениям и вызывает социальный протест», – сказал глава Минэнерго России.

Министр отметил, что по запросам африканских стран Россия уже предложила ряд эффективных решений, в частности по строительству газовых станций, разработке газового месторождения в Египте; достигнуты договоренности по строительству нефтепровода в Республике Конго, с Мозамбиком, Танзанией и ЮАР прорабатываются проекты по строительству объектов малой мощности, также есть проекты по сооружению гидроэлектростанций.

Кроме того, Минэнерго РФ ожидает запросы от Мали, где, по словам министра, требуется комплексное развитие сетевого комплекса. «У коллег есть вопросы по строительству ГЭС, тепловых станций и сетей. Им нужно помочь оптимально сформировать свою систему», – сказал он.

### УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

В последние годы российская угольная промышленность столкнулась с беспрецедентными внешними вызовами, в числе которых отказ западных компаний от участия в совместных проектах, последовательные ограничения на поставки российских энергоресурсов, запрет на экспорт в Россию иностранного оборудования и технологий. Вопреки негативным прогнозам российская угольная промышленность справляется с возникшими ограничениями и демонстрирует стабильную, надежную работу. Ведется освоение новых рынков, увеличивается экспорт угля в страны АТР, развивается сотрудничество со странами африканского континента – на это есть объективные причины. В перспективе ближайших 20-30 лет прогнозируется рост мирового потребления угля. Уголь является драйвером развития многих экономик мира: в Китае, Индии, странах Африки его огромное экономическое значение сохранится в перспективе. Именно поэтому российская угольная промышленность сохраняет свою конкурентоспособность. При этом основным сдерживающим фактором развития угледобычи в России и одновременно первоочередной задачей является ограниченная пропускная способность транспортной инфраструктуры, которая заметно снижает объемы транспортировки, реализации (как следствие, валютной



фото Стас Владимиров

выручки) как всех видов грузов в целом, так и угля в частности. С какими проблемами сегодня сталкивается российская угольная промышленность? Какие цели и пути их достижения видит отрасль на разных горизонтах планирования? Каковы новые возможности для развития российской угольной промышленности?

**На эти и другие вопросы на дискуссии «Угольная промышленность: новые вызовы и возможности» отвечали ведущие отраслевые эксперты.**

Модератором дискуссии выступил **руководитель рабочей группы по вопросам экологической безопасности Комиссии при Президенте Российской Федерации по вопросам стратегии развития топливно-энергетического комплекса и экологической безопасности Анатолий Яновский**. Выступающими участниками были: директор департамента угольной промышленности Минэнерго России Петр Бобылев; руководитель по консалтингу Аналитического центра ТЭК Денис Дерюшкин; руководитель центра G.O.R.K.I. (Геополитическая обсерватория по ключевым вопросам России) Санкт-Петербургского государственного университета, Министр иностранных дел Австрийской Республики (2017–2019 гг.) Карин Кнайсль; член президиума Межрегиональной общественной организации «Академия горных наук» Сергей Никишичев; генеральный директор ООО «Универсальная логистика», член президиума СПО Союза операторов железнодорожного транспорта Ирина Ольховская; руководитель Федерального агентства по недропользованию Евгений Петров; генеральный директор АО «СУЭК» Александр Редькин; заместитель руководителя Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) Вадим Сергеев; директор департамента ТЭК и химической промышленности Федеральной антимонопольной службы (ФАС России) Елена Цышевская.

**Анатолий Яновский** в начале дискуссии отметил, что угольная отрасль сталкивается с существенными проблемами и рисками, прежде всего в своем развитии, а не в текущей деятельности. Понятно, что эти риски возникают прежде всего из провозглашенного энергетического перехода и развития зеленой энергетики, при этом известно что несмотря на то что такие провозглашения и утверждения есть, тем не менее эти же самые страны, которые это делают в последние годы продолжают увеличивать и наращивать объемы и потребление угля и выработки электроэнергии, поскольку в результате получается, что это дешевле, чем то, что они имеют или располагают.

**Директор департамента угольной промышленности Минэнерго России Петр Бобылев** в своем выступлении



сконцентрировался на России. Он отметил, что если Россия – по масштабам шестой угледобытчик в мире, но при этом третий на мировой арене по экспорту, то значит, большая доля угля прямо сейчас идет в две основные сферы: это, конечно, сфера теплоэнергетики, ЖКХ и, конечно, металлургия. Т.е. по меньшей мере несколько отраслей уже стабильны, десятилетия работают на твердом минеральном топливе, выстроены все цепочки как товарной продукции, так и себестоимости. Это очень важный момент.

Что же ждет, на наш взгляд, Россию с точки зрения потребления или добычи. *«Первый тезис – мы не имеем право, совершить те ошибки, которые уже совершили те страны, которые пошли путем энергоперехода, мы видим последствия. Цена ошибки слишком высока. Дорого будет эти «дыры» потом латать на своей территории. Необходимо только разумный, всесторонний подход к внутреннему потреблению топлива. Особенно, если мы говорим о Сибири и Дальнем Востоке. Это, по меньшей мере, половина территории страны, имея в виду электро- и теплоэнергетику. Поэтому опрометчивые шаги, с точки зрения быстрого изменения энергобаланса, бросание средств на то, чтобы резко изменить структуру основных мощностей, – значит, изменить внутреннее потребление угля.*

*Уголь – не конкурент газу. Мы друг друга дополняем. Есть большие территории, пласты населения у которых теоретически газ в ближайшие десятилетия появиться не может, а все, за что критикуют уголь в части экологии или климатообразующих газов – дело в новых технологиях потребления угля, с углем можно работать в этом направлении, что мы и делаем...*

*Объем потребления угля в электротеплоэнергетике и металлургии... до 2050 г. абсолютно точно перспективен. Весь марочный состав, который коллеги готовы брать, мы можем предоставить. В действующей редакции энергостратегии и Программе развития угольной промышленности до 2035 г. смещение угледобычи на Дальний Восток... уже описано, такой же вектор будет задан и в Энергостратегии – 2050», – закончил свое выступление Петр Бобылев.*

### **Угольная промышленность остается перспективной отраслью**

*«Россия – один из крупнейших игроков. Наши запасы на сегодня составляют 273 млрд т. Это запасы промышленной категории», – руководитель Федерального агентства по недропользованию Евгений Петров.*

*«Говоря об угле, мы должны понимать, что это не только экспортно ориентированный товар, это еще и социально значимый товар», – директор департамента ТЭК и химической промышленности Федеральной антимонопольной службы (ФАС России) Елена Цышевская.*

*«Потребление угля продолжит расти. Не так стремительно, как, может быть, другие отрасли. Климатическая политика продолжает оказывать существенное давление», – руководитель по консалтингу Аналитического центра ТЭК Денис Дерюшкин.*

*«На данный момент существует достаточно большой профицит специализированных угольных мощностей. <...> Для угольной отрасли это большая воз-*



«... возможность, большие перспективы именно в ключе обеспечения высококачественной поставки на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона», – **генеральный директор ООО «Универсальная логистика», член президиума СПО «Союз операторов железнодорожного транспорта» Ирина Ольховская.**

### Необходимость импортозамещения и высокая конкуренция на рынке Китая

«В Китае... по энергетике конкуренция будет ожесточенная, потому что импорт энергетического угля в Китай сократится кратно. <...> Делаем этот вывод исходя из того, что очень много внутренних активов будут вводиться в эксплуатацию в ближайшее время. По металлургии не такое драматическое падение ожидаемого импорта. Падение будет 20–30%, не более того. Но все равно это существенно. То есть ниша и возможности, в которые можем поставлять, будут очень сильно сужаться. Китай будет поддерживать локальных производителей», – **руководитель по консалтингу Аналитического центра ТЭК Денис Дерюшкин.**

«Самая главная проблема – импортозамещение. <...> В последние два года мы фактически потеряли западные рынки по продаже углей. Мы были ориентированы на западные рынки по приобретению техники, машин, механизмов, горно-шахтного оборудования», – **генеральный директор АО «СУЭК» Александр Редькин.**

### Сложная логистика в восточном направлении

«Проблема – транспорт. Мы верим..., что эта проблема вывоза на восток, как и на северо-запад, все-таки будет решена. Этим очень плотно занимается... Минтранс, мы, Правительство Российской Федерации», – **директор департамента угольной промышленности Министерства энергетики Российской Федерации Петр Бобылев.**

«Смещение производств и логистических маршрутов на восток здесь является критичным..., логистический хвост при всех наших северных и южных портах существенно съедает маржинальность при поставках», – **руководитель по консалтингу Аналитического центра ТЭК Денис Дерюшкин.**

### Нехватка кадров

«Кадровый голод и развитие платформ для обучения профессионального инженерного персонала – это... проблема, которую нам нужно решать», – **директор депар-**

**тамента угольной промышленности Министерства энергетики Российской Федерации Петр Бобылев.**

«По ряду направлений мы сегодня видим нехватку кадрового потенциала, что тоже отчасти решается за счет автоматизации, цифровизации, внедрения новых технологий», – **руководитель Федерального агентства по недропользованию Евгений Петров.**

### Внедрение новых технологий и импортозамещение

«Старое оборудование можно сделать более эффективным даже на ультрасверхкритических блоках, которые будут отличаться на порядки», – **руководитель по консалтингу Аналитического центра ТЭК Денис Дерюшкин.**

«Нам хотелось бы, чтобы Правительство Российской Федерации, Министерство энергетики Российской Федерации оказали бы нам помощь в вопросах, связанных с выстраиванием рынков получения запчастей, машин, механизмов», – **генеральный директор АО «СУЭК» Александр Редькин.**

### Развитие транспортной инфраструктуры

«Максимальный приоритет со стороны государства, со стороны „Российских железных дорог“ направлен на скорейшую реализацию проектов развития Восточного полигона, первого, второго этапов. Уже рассматривается третий этап. <...> Самым быстрым мероприятием, чтобы сделать большой рывок, является развитие не просто припортовых станций, но такой последней железнодорожной мили на подходах к портам. Прежде всего к портам Приморья», – **генеральный директор ООО «Универсальная логистика», член президиума СПО «Союз операторов железнодорожного транспорта» Ирина Ольховская.**

«Есть универсальные порты, которые балансируют между разными грузопотоками. <...> Например, между углем..., рыбными грузами, между контейнерами. И универсальные порты являются демпфером, который позволяет транспортной системе адаптироваться и воспринимать колебания грузопотоков», – **старший вице-президент по операционной деятельности и GR ГК «Дело» Денис Илатовский.**



**Подробнее о программе, дискуссиях и перспективах Форума рассказал заместитель директора Фонда Росконгресс, директор «Российской энергетической недели» Владимир Затыайко:**

Расскажите, кто принимает участие в «Российской энергетической неделе»?

– За время существования у Форума сформировалась постоянная аудитория. В МВЦ «Манеж» собираются представители

энергетических компаний России и мира, научные эксперты, первые лица государств, сотрудники ведомств. В дискуссиях принимают участие представители электроэнергетической, нефтегазовой, химической, газовой и угольной отраслей.

РЭН является площадкой для подписания соглашений и меморандумов о сотрудничестве. Расскажите об этом.

– На РЭН собирается много российских и зарубежных отраслевых компаний, для которых актуально обсудить и за-

ключить соглашения прямо на Форуме. Это одно из направлений нашей работы, и всего в рамках Российской энергетической недели – 2023 компании и госорганизации заключили 28 соглашений и меморандумов о сотрудничестве.

Фонд Росконгресс подписал три стратегических документа: соглашения о сотрудничестве с Международным центром производственных инвестиций Боливарианской Республики Венесуэла, Африканской энергетической палатой и иранским Институтом международных энергетических исследований.

*Каким вы видите будущее РЭН? Нужно ли что-то менять?*

– Год назад мы решили выделить стартовый день Форума для обсуждения научных достижений в отрасли – так родилась научно-практическая конференция «Территория энергетического диалога». В 2023 г. она получила международный статус, в панельной сессии приняли участие докладчики из АСЕАН, Индонезии, Таиланда, в качестве участников присутствовали представители других стран и организаций. Вопросы энергетики будущего нужно решать вместе с мировыми исследователями, и у нас это получается. Мы «держим руку на пульсе» и растем с каждым годом, поэтому, если будет необходимо, в РЭН появятся новые направления работы и мероприятия.

*Это был стартовый день. А как прошел финальный, который по совместительству является молодежным?*

– Наша традиция – проводить Молодежный день последним, программа которого состоит из 30 мероприятий: пленарное заседание, круглый стол с участием работодателей, чемпионаты, кубки, интерактивные сессии и многое другое. Главная цель Молодежного дня – популяризировать ТЭК и инженерно-техническую отрасль как сферы, в которых интересно и прибыльно работать. С каждым годом все больше школьников, студентов и начинающих специалистов присоединяются к РЭН, поэтому, думаю, справляемся.

Не случайно темой Форума в 2023 г. стала фраза «Новая реальность мировой энергетики – в наших руках». Настоящее и будущее ТЭК – это то, о чем мы должны думать, и приучать к этому молодежь. До встречи на Российской энергетической неделе – 2024!

*Подробнее читайте в Информационно-аналитической системе Фонда Росконгресс [www.roscongress.org](http://www.roscongress.org).*

***Молодежный день РЭН прошел в Москве, в рамках форума «Российская энергетическая неделя – 2023» и объединил более 2000 молодых специалистов, студентов и школьников, а также руководителей органов власти, отраслевых компаний и вузов. Интересные решения и яркие идеи представили участники чемпионата «CASE-IN».***

Кубок Российской энергетической недели проводится на площадке Молодежного дня с 2017 г. В соревновании по решению кейса традиционно участвуют молодые специалисты ведущих компаний ТЭК. Свои инновационные решения отраслевому сообществу в этом году презентовали 17 команд, представляющих АК «АЛРОСА» (ПАО), АО «Газпромнефть-МНПЗ», АО «Мособлгаз», АО «НБИ», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», АО «Русатом Инфраструктурные решения», ОАО «МРСК Урала», ООО «Газпромнефть Энергосистемы», ООО «Газпромнефть-Развитие», ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Интер РАО», ПАО «НЛМК», ПАО «Россети «Ярэнерго», ПАО «Россети Северо-Запад» и ПАО «Т Плюс».

В 2023 г. впервые прошла Международная Лига молодых специалистов «CASE-IN». На национальных отборочных этапах лучшие инженерные умы из 8 стран-участниц СНГ разрабатывали оптимальные сценарии низкоуглеродного развития электроэнергетики СНГ.

На финал Лиги в Москву приехали 15 молодежных команд из Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, России, Таджикистана и Узбекистана. Молодые специалисты презентовали экспертам экологически нейтральные технологии, которые помогут низкоуглеродному развитию электроэнергетики СНГ в горизонте до 2030/2035 года.

Сильнейшим командам проекта заслуженные награды вручили на итоговой сессии Молодежного дня «Энергия молодежных инициатив – 2023».

***Организаторами Российской энергетической недели и Молодежного дня РЭН выступили Фонд Росконгресс, Министерство энергетики Российской Федерации при поддержке Правительства Москвы. Оператор Молодежного дня – фонд «Надежная смена».***



фото – Сергей Отрошко



## Красноярская молодежь побывала на VI Международном форуме «Российская энергетическая неделя» в Москве

Молодые специалисты предприятий СУЭК и старшеклассники из трудовых отрядов Компании посетили Молодежный день форума. Он объединил более 2000 представителей рабочей молодежи, студентов, школьников, руководителей органов власти.

Стратегические сессии, инженерный чемпионат, презентации производственных и бизнес-процессов от ведущих компаний ТЭК, выставка вакансий – программа Молодежного дня включала около 30 мероприятий. Основным стало пленарное заседание «Энергетика – 2035: будущее сферы». В формате «битвы поколений» команда экспертов во главе с **заместителем Председателя Правительства РФ Александром Новаком** и команда молодежи – молодые инженеры, изобретатели и новаторы, призеры конкурсов – делились мнениями о том, какими компетенциями должен обладать отраслевой специалист будущего, о стратегических целях государства в развитии энергетики до 2035 г. Ответы команд оценивали зрители. Лидером стала команда экспертов, но, как отметил **Александр Новак**, победа все равно за молодыми. «За вами будущее энергетики, – подчеркнул он. – Наша страна стремится к промышленному суверенитету, а для его достижения крайне важно поддерживать молодых, амбициозных профессионалов».

«Пленарное заседание поразило широтой мыслей, было интересно услышать мнения именитых экспертов и молодежи о перспективах ТЭК, – поделился впечатлениями начальник производственного отдела Назаровского разреза СУЭК Никита Иванов. – Важно, что мы узнали о планах развивать угледобывающую отрасль, значит, будут развиваться и наши предприятия».

Те же, кому только предстоит определиться с отраслью и специальностью, прошли по профориентационному маршруту «Выбор профессии: какие компетенции развивать, чтобы работать в ТЭК?» Ребята из трудовых отрядов СУЭК участвовали в интеллектуальных играх, квизах – через интерак-



тивные задания школьников знакомили с миром профессий ТЭК. «Много нового узнала об истории крупных компаний, – говорит **активистка трудового отряда СУЭК из г. Шарыпово Варвара Зиновьева**. – Если раньше я склонялась к гуманитарным направлениям, теперь задумалась о карьере в сфере ТЭК».

Красноярской молодежи удалось не только поучаствовать в форуме международного уровня, но и познакомиться со столицей. Красная площадь, Парк Победы, ВДНХ, исторические улицы – за три дня, проведенных в Москве, ребята «прошагали» порядка 60 км. «В Москве я был впервые, – рассказывает **трудотрядовец из г. Бородино Кирилл Линеvский**. – Понравилась Красная площадь, метро удивило скоростью и станциями – каждая выглядит по-своему, впечатлила Останкинская телебашня – побывали на смотровой площадке, посмотрели на панораму Москвы с высоты 337 метров».

Расширению компетенций молодежи СУЭК уделяет особое внимание: в Компании ежегодно проводится молодежная научно-практическая конференция, работает комиссия по рационализаторству, для школьников организовано углубленное изучение точных наук.

Пресс-служба АО «СУЭК»



## Генеральный директор СУЭК Александр Редькин провел прямую линию с сотрудниками компании

**Генеральный директор АО «СУЭК» Александр Редькин 15 декабря 2023 г. провел традиционную предновогоднюю прямую линию с сотрудниками компании, посвященную итогам уходящего года и планам на 2024-й. В прямой линии также приняли участие финансовый директор Борис Черничер, директор горнорудного дивизиона Владимир Якушев, директор по логистике Денис Рахимжанов, директор по сервисному бизнесу Антон Боткин, директор по персоналу Ольга Федорова и исполнительный директор SGK Павел Барило.**

Александр Редькин отметил, что в 2023 г. поставлен очередной рекорд потребления угля в мире: почти 8,4 млрд т. «Это говорит о том, что наша продукция в ближайшие годы и, скорее всего, в последующие десятки лет будет востребована на мировых рынках, у нас, у наших детей и внуков будет постоянная работа».

В 2023 г., сообщил руководитель СУЭК, предприятия компании добудут почти 112 млн т угля. Он особо отметил высокие показатели красноярских коллективов СУЭК – второй год подряд уровень добычи по итогам года превысит 34 млн т. «Это очень важный результат, поскольку красноярские угольщики обеспечивают тепло и свет для Сибири», – сказал генеральный директор.

Александр Редькин выделил так-же ударную работу предприятий Кузбасса. Так, коллектив шахты «7 Ноября-Новая» выполнил годовой план в октябре, а бригада Игоря Малахова первой в СУЭК добыла 3 млн т высококачественного угля. Несколько дней назад также 3 млн т из одной лавы добыл коллектив участка № 3 шахты «Северная», Ургалуголь. «Это настоящий трудовой подвиг наших дальневосточных шахтеров», – подчеркнул генеральный директор компании.

В этом году продажи угля СУЭК вырастут примерно на 0,5%, в основном за счет внутреннего рынка. Как важный тренд Александр Редькин обозначил рост числа потребителей угля СУЭК внутри России и стабильный спрос на качественный уголь, который поставляют предприятия компании.

Говоря о международных поставках, Александр Редькин отметил их определенное снижение, но подчеркнул, что самое главное, что коммерческим службам оперативно удалось перенаправить поставки из Европы на другие рынки, в частности в Китай, Индию, Турцию. Сегодня еще есть определенные трудности с доставкой, но компания вместе с железнодорожниками работает над их решением. «Уверен, что эти проблемы в ближайшем будущем будут отходить на второй план», – сказал руководитель СУЭК.



Александр Редькин добавил, что, в частности, для этого СУЭК осуществила масштабные инвестиции в развитие путевого хозяйства и подвижного состава. Больше 2 млрд руб. проинвестировали в инновационные локомотивы ТЭМ-14, что способствовало улучшению ситуации с вывозом угля.

Продолжалось техническое перевооружение. Введено в эксплуатацию новое горношахтное и горнокапитальное оборудование, закуплены новые самосвалы. В условиях, когда у российских компаний существуют ограничения для закупки импортной техники, помогает китайский рынок. Для решения вопросов системного обеспечения предприятий СУЭК сервисные предприятия были объединены в компанию ЕСК, она показывает неплохие результаты, в том числе по вопросам импортозамещения.

Александр Редькин также сообщил, что Сибирская генерирующая компания (СГК) в 2023 г. реализовала рекордный за свою историю объем электроэнергии – 83,3 млрд кВтч.

Перед тем, как передать эфир другим топ-менеджерам СУЭК, Александр Редькин подчеркнул: «У нас замечательный дружный коллектив, мы совместными усилиями можем решить любые задачи, объемы добычи угля и производства энергии необходимо повышать, и мы в этом направлении будем плодотворно двигаться».

Пресс-служба АО «СУЭК»

## Красноярские угольщики «прокачали» профессиональные навыки в «Горной школе»

Всероссийский молодежный научно-практический форум «Горная школа» ежегодно собирает молодых специалистов горнодобывающей отрасли. Форум организует СУЭК при поддержке Минэнерго РФ и фонда «Надежная смена». В этом году он проводился уже в одиннадцатый раз. **По словам директора по управлению персоналом СУЭК Ольги Федоровой**, «Горная школа» – это ключевое мероприятие для поддержки карьерного роста молодых лидеров отрасли. Здесь ребята могут «прокачать» аналитические на-



**СУЭК**  
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

выки, узнать о новых трендах в отрасли и войти в кадровый резерв Компании».

Участниками «Горной школы – 2023» стали более 100 молодых профессионалов из 8 регионов Сибири и Дальнего Востока. Они собрались в Москве, что-

бы помериться силами в решении производственных кейсов, обсудить перспективы развития угольной отрасли, раскрыть свои многогранные таланты в деловых играх, спортивных соревнованиях и творческих конкурсах. «Три насыщенных дня: подъем, зарядка, завтрак, установочные сессии, мастер-классы, мероприятия шли одно за другим. Времени на отдых нет – это заставляет мозг работать на пределе возможностей», – делится впечатлениями о буднях «Горной школы» **помощник машиниста филиала АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Назаровский» Евгений Арсентьев**.

Тема форума звучала как «Повышение эффективности». При поддержке опытных экспертов из числа руководителей СУЭК команды разбирались в кейсах по развитию угольных активов, повышению мотивации персонала, эффективности работы оборудования, внедрению автоматизации, определению объема необходимых инвестиций на реализацию проектов и обеспечение безопасности. «Нам достался непростой кейс: «Планирование и проведение технического обслуживания и ремонта горного оборудования», – рассказывает **мастер цеха конвейерного транспорта филиала АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Березовский» Степан Степанов**. – Тема охватывает очень большой перечень работ, пришлось пропустить через себя массу информации. В целом наши идеи понравились экспертам, думаю, коллеги из Назарово продолжат их прорабатывать, поскольку решение представляли через машину, занятую именно на их предприятии».

Эксперты высоко оценили решения кейсов, предложенные практически всеми командами, хотя и признали, что это не предел совершенства. «Командам надо глубже изучать мировой опыт и стараться находить нестандартные решения», – подчеркнул **технический директор СУЭК Анатолий Мешков**.

Объявление результатов форума и награждение победителей и призеров состоялись в павильоне «Энергия жизни» на форуме «Россия» на ВДНХ, посвященном достижениям российской энергетики. «Убежден, что полученные в «Горной школе» знания и опыт в будущем позволят вам участвовать в освоении новых месторождений и успешно работать во благо топливно-энергетического комплекса России», – оценил значимость мероприятия **директор Департамента угольной промышленности Минэнерго России Петр Бобылев**. По итогам форума красноярские горняки стали пятыми из десяти команд. Первое место у команды «Горняк Приморья» из Приморского края, второе – у команды «Обратный космос» из Кузбасса, на третьем – команда «Байкал» из Бурятии.

Пресс-служба АО «СУЭК»





## **ХОХЛАЧЕВ Борис Сергеевич**

*(к 70-летию со дня рождения)*

**24 января 2024 г. исполняется 70 лет горному инженеру, опытному горняку, специалисту в области открытых горных работ, Почетному работнику угольной промышленности – Борису Сергеевичу Хохлачеву.**

Борис Сергеевич родился в г. Караганде в семье горных инженеров, что в дальнейшем и определило выбор им профессии горняка. Окончив в 1976 г. Московский горный институт, он был направлен на строительство и освоение Южно-Якутского угольного комплекса, где работал помощником машиниста экскаватора, горным мастером, а после сдачи разреза в эксплуатацию начальником горного участка, заместителем директора по производству и директором разреза «Нерюнгринский» ПО «Якутуголь».

Разрез в это время был своеобразным полигоном для испытания новой техники, работающей в условиях низких температур и мерзлых пород. На разрезе проходили промышленные испытания и вводились в эксплуатацию отечественные и импортные экскаваторы и автосамосвалы большой единичной мощности, а также другая горная техника ведущих мировых производителей, создавались высокопроизводительные горнотранспортные комплексы. В период работы Б.С. Хохлачева директором разреза высокими темпами наращивались объемы добычи и вскрыши. В 1989 г. было добыто 14,9 млн т угля, вывезено в отвалы 98,3 млн куб. м вскрыши. В сжатые сроки в тайге, в суровых климатических условиях при участии Бориса Сергеевича был построен и выведен на проектную мощность Южно-Якутский угольный комплекс (ЮЯУК).

В 1990 г. Борис Сергеевич был назначен техническим директором – первым заместителем генерального директора ПО «Якутуголь». Работая в этой должности, он внедрял в жизнь программу технического перевооружения шахт и разрезов Республики Саха (Якутия), мероприятия по реструктуризации шахтного фонда, а также современные методы управления производством. Это позволило стабильно обеспечивать углем местных потребителей, энергетиков Дальневосточного региона и экспортные поставки коксующегося и энергетического угля на рынок стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Учитывая истощение запасов Нерюнгринского месторождения, для дальнейшего развития угледобычи в республике и увеличения сырьевой базы было принято решение о разработке крупнейшего на востоке страны Эльгинского каменноугольного месторождения с разведанными запасами более 2,2 млрд т. Имея большой опыт и необходимые навыки, Б.С. Хохлачев продолжил трудовую деятельность, работая руководителем проекта и исполнительным директором ОАО «Эльгауголь», которое занималось получением лицензии на недропользование, разработкой документации, подготовкой материалов для начала строительства угольного комплекса и привлечением инвесторов.

В 2007 г. Группа «Мечел» приобрела на аукционе угольные активы Якутии – лицензию на разработку Эльгинского месторождения вместе с контрольным пакетом акций ОАО «ХК «Якутуголь». С этого момента началась активная фаза освоения месторождения, было возобновлено ранее начатое строительство железной дороги Улак – Эльга. Руководством компании целенаправленно велись работы по развитию ЭУК. В этот период Борис Сергеевич работал руководителем проекта по строительству железной дороги к Эльгинскому разрезу, а затем заместителем генерального директора по строительству Эльгинского угольного комплекса «Объединенная Дирекция «Мечел-Заказчик». Знание им специфики работы в условиях Крайнего Севера и его высокая квалификация особенно понадобились в период проектирования и в первые годы строительства комплекса. Своим трудом он внес значительный вклад в освоение этого уникального месторождения.

Являясь грамотным и эффективным организатором угольного производства, в дальнейшем, с 2011 по 2019 г., он работал в УК «Мечел-Майнинг» директором по открытым горным работам. В круг его деятельности входили вопросы текущего и перспективного развития предприятий с открытым способом добычи. Это разрезы, входящие в состав ОАО ХК «Якутуголь», ПАО «Южный Кузбасс», а также карьеры Коршуновского ГОКа. Особое место отводилось Эльгинскому разрезу, добыча угля на котором была начата в 2011 г. и в 2018 г. составляла 4,9 млн т. Благодаря его знаниям открытый способ добычи угля в УК «Мечел-Майнинг» совершенствовался и активно развивался. Борис Сергеевич является автором и соавтором ряда научных публикаций и двух изобретений.

За добросовестный труд, большой вклад в развитие угольной промышленности России и комплексное освоение новых крупнейших угольных месторождений Борис Сергеевич Хохлачев награжден орденом «Знак Почета», медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, знаками «Шахтерская Слава» трех степеней.



***Коллеги по работе, друзья и соратники, редколлегия и редакция журнала «Уголь» искренне поздравляют Бориса Сергеевича Хохлачева с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, благополучия и неиссякаемого оптимизма!***

# Выгодное дробление

**Ключевые слова:** TAPP Group, роторная дробилка, вертикальный привод от TAPP Group, дробильное оборудование, среднетвердые материалы.

Эксплуатационные расходы на дробильное оборудование составляют значительную часть общих расходов на переработку сырья, поэтому очень важно использовать высокоэффективное оборудование для оптимизации процессов и снижения себестоимости, ведь от работы участка дробления зависит эффективность последующих процессов обогащения и, соответственно, качество конечного продукта.

Роторная дробилка с вертикальным приводом от TAPP Group – новый продукт, разработанный специально для среднетвердых материалов. Оборудование используется для дробления материала с прочностью на сжатие  $\leq 210$  МПа. Дробилка обладает паспортной производительностью 160 ~ 200 т в час.



**ЛОХОВ Д.С.**

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

Частицы исходного материала разгоняются центробежными силами с помощью ротора (импеллера). Высокая кинетическая энергия частиц обеспечивает их разрушение при ударе о статичную поверхность. Сам процесс дробления происходит под воздействием удара, истирания и разрушения по слабым точкам спайности.

**ВАШИ ВЫГОДЫ:**

1. Высокий коэффициент дробления. Максимальный размер частиц при подаче составляет 80 ~ 240 мм, а размер частиц при выгрузке  $\leq 3$  мм составляет около 70 ~ 90%.

2. Высокая производительность. Она достигается благодаря большому объему перерабатываемого материала и высокой скорости прохождения. Расход энергии при этом значительно ниже, чем у аналогов.

3. Высокая эффективность и энергосбережение. При использовании дробилки совместно с мельницей ее производительность можно увеличить примерно на 40% и снизить энергопотребление системы примерно на 30%.

4. Изнашиваемые детали изготовлены из износостойких мультитегированных сплавов с высокой твердостью и ударной вязкостью, что обеспечивает меньший износ и длительный срок службы. Высокая точность настройки расстояния между билом и пластиной обеспечивает равномерный размер частиц материала. При этом коэффициент использования била значительно повышается, а срок службы увеличивается примерно в 5 раз.

5. Благодаря улучшенной конструкции роторной части дробилки образуется многоступенчатая камера непрерывного дробления, позволяющая полностью задействовать энергию и пространство, тем самым повышая производительность оборудования.

6. Уникальная конструкция распределителя потока состоит из специальных приспособлений, выполняющих функцию футеровки. При помощи специальных выступов они предварительно разбивают куски материала на более мелкие фракции. После износа ребра футеровки его можно использовать в качестве накладки, что значи-



тельно повышает коэффициент использования и снижает стоимость эксплуатации.

7. Оборудование занимает небольшую площадь, легкое в установке и обслуживании. Конструкция позволяет выполнять быструю замену ротора и изношенных частей и минимизировать время простоя дробилки.

Роторные дробилки с вертикальным приводом и шкафом управления от TAPP Group есть в наличии. Срок доставки до вашего предприятия – от 20 дней! Также возможно изготовление оборудования на заказ под индивидуальные потребности вашего предприятия.

**Для получения дополнительной информации и оформления заказа, пожалуйста, свяжитесь с нашим отделом продаж по указанным контактам.**

**Наши контакты:**

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

**Наш YouTube-канал:**



## АО «Шахта «Большевик» Новой Горной Управляющей Компании запустила в работу новую лаву

В ноябре 2023 г. коллектив шахты «Большевик» завершил работы по монтажу механизированного комплекса и приступил к добыче угля в лаве № 29-61 бис.

Выемочный участок с запасами 650 000 т угля коксующейся марки ГЖ расположен на глубине 340 м в сложных горно-геологических условиях с углом залегания пласта по падению от 15 до 43 градусов. Для безопасной и эффективной работы шахтеры «Большевика» используют оборудование, оснащенное защитой персонала от падения горной массы в ходовое отделение для безопасного передвижения рабочих по забою и системой удержания механизированного комплекса.

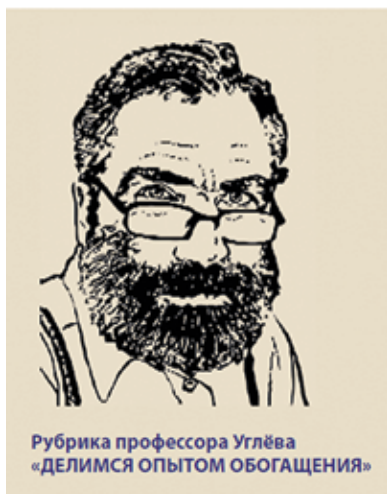
Очистной комплекс, запущенный в работу весной 2023 г., состоит из оборудования российского и китайского производства. Техника позволяет работать в сложных горно-геологических условиях с минимальными простоями, максимальной безопасностью и высокой производительностью.

При подготовке лавы в условиях работы в крутонаклонной части поля была изменена производственная программа шахты, созданы отдельная транспортная линия и дополнительная система водосборников. В подготовке лавы приняли участие три проходческих бригады, которые прошли 4500 п.м выработки.

Горняки планируют отработать новый участок за полгода, далее очистной комплекс будет смонтирован поочередно в лавах № 29-61 и 29-62, подготовку которых уже ведут проходчики.



*Руководитель направления по коммуникациям Алексей Рябов*



Рубрика профессора Углёва  
«ДЕЛИМСЯ ОПЫТОМ ОБОГАЩЕНИЯ»

## Что с плотностью разделения в схеме обогащения угольного шлама?

Проф. И.И. Углев продолжает публикацию ответов на вопросы, задаваемые персоналом углеобогатительных фабрик. В данной статье рассматривается необходимость повышения плотности разделения в схеме обогащения угольного шлама по сравнению с плотностью разделения угля в крупной схеме с целью увеличения выхода концентрата на обогатительной фабрике.

**Ключевые слова:** фракционный состав угля, плотность разделения, индекс обогатимости угля, погрешность разделения обогатительного аппарата.

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

### Почему плотность разделения угля в шламовой схеме выше, чем в крупной схеме?

Мне поручили провести анализ данных фракционных анализов углей разных пластов, которые поставляются на нашу обогатительную фабрику. Это позволило мне определить оптимальный состав шихты, составить режимные карты по процессам обогащения, чтобы получать на фабрике концентрат планового качества и выхода. Однако я заметил одну странность: на практике настройки плотности разделения в гидросайзере, в котором обогащается шлам крупностью 0,5-2 мм, всегда были выше, чем в контуре обогащения крупного угля в тяжелосреднем гидроциклоне. Я заинтересовался этим фактом, поскольку в университете нам объясняли, что теоретически плотности разделения должны оставаться одинаковыми в смежных процессах гравитационного обогащения. Этот подход должен обеспечить получение максимального выхода концентрата. Возможно, я что-то не учитываю в процессе расчета? Как Вы считаете, должна ли плотность разделения шлама в гидросайзере быть выше, чем в контуре тяжелосреднего обогащения крупного угля?

**Инженер-технолог, г. Кемерово**

Спасибо за отличный вопрос! Позвольте мне сначала прояснить основную проблему, которую вы выделили. Использование одинаковых значений плотности разделения для получения максимального выхода концентрата применяется, как правило, для расчета баланса при идеальных условиях разделения угля. Этот принцип хорошо подходит для смежных высокоэффективных контуров с тяжелой средой, таких как тяжелосредние сепараторы для крупного угля и двухпродуктовые тяжелосредние гидроциклоны для мелкого угля, в которых обогащается уголь крупностью более 1 (2) мм.

Но схемы обогащения зернистого шлама, включающие такие аппараты, как спиральные сепараторы и гидросайзеры, в условиях производства менее эффективны, и поэтому часть легких угольных фракций попадает в продукт или отходы. В то же время фракции с более высокой плотностью по отношению к плотности разделения

попадают в концентрат, но в меньшем количестве. Из-за этого несимметричного процесса взаимозасорения продуктов по количеству зольных единиц на практике получается концентрат с меньшей зольностью, чем ожидалось при заданной плотности разделения. Чтобы компенсировать этот эффект, принимаем правило:

**Менее эффективные аппараты должны работать при более высокой плотности разделения угля.**

Уровень, до которого необходимо увеличить плотность разделения для достижения максимального выхода концентрата, можно найти с помощью программного обеспечения для моделирования обогатительных процессов. Если у вас нет возможности рассчитать требуемую плотность разделения угольного шлама, необходимое увеличение плотности разделения можно определить на практике или взять значения из таблицы.

Чтобы воспользоваться данными таблицы, технолог должен знать диапазон погрешности разделения в обогатительных аппаратах  $E_{pm}$  и данные фракционных анализов обогащаемого угля. Диапазон погрешности  $E_{pm}$  для данного типа оборудования можно взять у производителя оборудования или воспользоваться данными, полученными при опробовании работы обогатительных аппаратов непосредственно на фабрике. В таблице содержание промежуточных фракций оценивается с помощью индекса обогатимости. Индекс обогатимости  $C$  определяется как отношение выхода всплывшего угля в тяжелой жидкости с плотностью  $1,3 \text{ г/см}^3$  к выходу всплывшего угля в жидкости с плотностью  $1,6 \text{ г/см}^3$ . Для решения данной задачи исходный уголь относят к одному из четырех категорий обогатимости: легкой  $C > 0,50$ ; средней  $0,35 < C < 0,50$ ; трудной  $0,25 < C < 0,35$  и очень трудной  $C < 0,25$ . Это деление похоже на деление углей по категориям обогатимости согласно ГОСТ 10100-84. Имея данные фракционных анализов угля, можно быстро определить, какой диапазон индекса  $C$  подходит для каждого угольного пласта, который вам предстоит обогащать. Затем для каждого добычного участка (поставщика) угля могут быть установлены поправки к плотности разделения в шламовой схеме для различных диапазонов плотности разделения и значений погрешностей разделения в обогатительных аппаратах  $E_{pm}$ . В таблице приведены поправки, кото-

рые я составил для одной из фабрик Кузбасса. Эти поправки указывают в абсолютных единицах, насколько необходимо увеличить плотности разделения, чтобы обеспечить ту же дополнительную (внутреннюю) золу, которая была бы получена с использованием идеального аппарата при данной плотности разделения. Например, из *таблицы* следует, что при плотности разделения в крупной схеме в тяжелосреднем гидроциклоне 1550 кг/м<sup>3</sup>, погрешности гидросайзера  $E_{pm} = 80$  кг/м<sup>3</sup> и индексом обогатимости угля  $C = 0,45$  угольный шлам должен разделяться при плотности на 120 кг/м<sup>3</sup> выше, чем в крупной схеме. Желательно, чтобы такие *таблицы* составлялись для каждой обогатительной фабрики и использовались операторами для получения максимального выхода концентрата.

**Добавки к плотности разделения угля в шламовой схеме в зависимости от погрешности аппарата и индекса обогатимости угля**

Категория обогатимости	Плотность разделения	$E_{pm} = 40$ кг/м <sup>3</sup>	$E_{pm} = 80$ кг/м <sup>3</sup>	$E_{pm} = 160$ кг/м <sup>3</sup>
Легкая $C > 0,50$	<1,4	40	140	230
	1,4-1,5	40	140	240
	1,5-1,6	40	130	250
	>1,6	20	90	220
Средняя $0,35 < C < 0,50$	<1,4	30	90	160
	1,4-1,5	30	110	190
	1,5-1,6	30	120	230
	>1,6	30	100	220
Трудная $0,25 < C < 0,35$	<1,4	20	50	90
	1,4-1,5	20	80	140
	1,5-1,6	30	110	200
	>1,6	30	100	210
Очень трудная $C < 0,25$	<1,4	10	0	0
	1,4-1,5	10	20	30
	1,5-1,6	10	50	80
	>1,6	10	50	100

**Итак, ответ на Ваш вопрос: шламовая схема фабрики должна работать при более высокой плотности разделения, чем в схеме тяжелосреднего обогащения крупного угля.**

## Красноярские предприятия СУЭК досрочно выполнили годовой план по добыче угля

Последние тонны годового плана, который составлял 32 млн 174 тыс. т, были отгружены 15 декабря в пятницу вечером. До завершения календарного года красноярские угольщики СУЭК добудут и поставят потребителям еще около 2 млн т угля. Таким образом, они вплотную приблизятся к показателям 2022 г., который был для предприятий СУЭК рекордным за последние десятилетия. Напомним, тогда они добыли 34 млн 200 тыс. т твердого топлива.

Второй год красноярские предприятия СУЭК работают в напряженном режиме, что связано с маловодностью в водохранилищах Енисейского каскада и снижением выработки электроэнергии гидростанциями. Чтобы сохранить энергобезопасность в регионе, Объединенное диспетчерское управление энергосистемы Сибири перераспределило объемы выработки на станции угольной генерации. Как результат – значительно выросла потребность в топливе для угольных ТЭЦ и ГРЭС.

Лидером по приросту добычи стал Березовский разрез: годовой план он выполнил еще в начале сентября, и к концу года намерен добавить к плановым показателям еще 56%. Угольный разрез работает в комплексе с Березовской ГРЭС, одной из наиболее эффективных в энергосистеме Сибири. Соответственно, на станцию и разрез легла максимальная нагрузка. Бородинский и Назаровский разрезы весь год вели добычу в рамках производственного плана.



*«Коллективы красноярских предприятий СУЭК – это более пяти тысяч человек – трудятся ответственно, с полной отдачей сил. И именно то, что в пиковых условиях, связанных с маловодьем и аномальными морозами, угольщики обеспечивают стабильные поставки топлива,*

*при этом берегут технику, укрепляют социальную стабильность в коллективах и шахтерских городах, является нашим важнейшим достижением уходящего года», – резюмировал генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров.*



# Крепление горных выработок в ослабленных породах кровли с применением канатных анкеров АК 01-21Н

## ЛЕЩЕВИЧ К.В.

Руководитель группы анкерного  
крепления ООО «Шахта Есаульская»  
ООО «РУК»

## ЕФИМУШКИН Н.А.

Ведущий инженер по анкерному  
креплению ООО «РАНК 2»

Для многих подземных угольных шахт сложность работ обусловлена присутствием ослабленных контактов непосредственной кровли, а также сопротивлением пород на одноосное сжатие менее 25 МПа. В современном мире такие локальные места крепят на рамную крепь или просмаливают кровлю выработки и доводят крепость до 25 МПа. Такие схемы крепления трудозатратны, металлоемки, экономически неэффективны и связаны с потерей времени.

**Ключевые слова:** ослабленные контакты, видеоэндоскопическое исследование, керн, акустические сигналы, крепление приконтурного массива, двухуровневая система анкерного крепления, анкеры первого уровня, опорный элемент, неподатливые анкеры глубокого заложения, бесконечные продольные подхваты.

## ВВЕДЕНИЕ

На шахте «Есаульская» в горной выработке Минусового штрека № 29-30 было выявлено ослабление пород кровли. Компанией ООО «РАНК 2» была проведена научно-исследовательская работа по определению параметров анкерной крепи Минусового штрека № 29-30 в ослабленных породах. С целью определения параметров анкерной крепи, проводимой в зоне, где сопротивление пород на одноосное сжатие составляет менее 25 МПа, были выполнены работы: по визуальной оценке состояния приконтурного массива; видеоэндоскопическое исследование слоев вмещающих пород кровли; определение фактических физико-механических свойств пород кровли; акустическое исследование массива вмещающих слоев пород кровли.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Согласно выполненным испытаниям образцов керна, строение пород кровли Минусового штрека № 29-30 на МТ 10+13 м на глубину 8 м представлено преимущественно аргиллитом со средней прочностью пород на одноосное сжатие 20,04 МПа. Средний коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протоdjяконова  $f = 2$  (рис. 1).

2. В ходе проведенного видеоэндоскопического исследования скважины, отбуренной в кровле Минусового штрека № 29-30 МТ10+13 м на глубине от 0,0 м до 0,6 м, присутствует перемятие горных пород. В интервале от 0,7 м до 8,2 м структура пород массивная, видимых нарушений, перемятий, обводнения и трещиноватости не обнаружено (рис. 2).

3. Исходя из результатов обработки акустических сигналов зафиксированы ослабления контактов в породах кровли до 30 м, наиболее плотная интенсивность ослабления – до 5 м (рис. 3).

Из выполненных исследований слоев вмещающих пород кровли Минусового штрека № 29-30 установлено, что условия проведения и поддержания данной горной выработки являются сложными. Сложность обусловлена присутствием ослабленных контактов непосредственной



Рис. 1. Образцы пород керна

Сводная таблица исследуемых образцов

Интервал от устья скважины, м	№ образца	Описание горной породы	Разрушающая нагрузка, Р, кН	Площадь раскола образца, S, см <sup>2</sup>	Предел прочности на растяжение, $\sigma_r$ , МПа	Предел прочности при сжатии, $\sigma_{сж}$ , МПа	Среднее значение предела прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ ср, МПа
0,0-0,5	1.	Аргиллит	1,23	5,9	1,24	19,81	13,74
	2.		0,92	7,2	0,80	12,76	
	3.		0,43	4,4	0,54	8,63	
0,5-1,0	4.	Аргиллит	0,92	7	0,81	13,04	11,32
	5.		0,79	7,1	0,69	11,07	
	6.		0,68	6,8	0,62	9,85	
1,0-1,5	7.	Аргиллит	0,68	6,9	0,61	9,74	11,76
	8.		0,79	7,1	0,69	11,07	
	9.		0,91	6	0,90	14,47	
1,5-2,0	10.	Аргиллит	1,06	7,2	0,92	14,70	14,46
	11.		1	6	0,99	15,91	
	12.		0,91	7,1	0,80	12,76	
2,0-2,5	13.	Аргиллит	0,78	6,2	0,76	12,10	12,90
	14.		0,91	8,4	0,70	11,25	
	15.		1,06	6,8	0,96	15,35	
2,5-3,0	16.	Аргиллит	0,95	7,2	0,82	13,18	12,97
	17.		0,79	6,6	0,73	11,70	
	18.		0,98	6,9	0,88	14,04	
3,0-3,5	19.	Аргиллит	0,93	7,3	0,80	12,77	14,32
	20.		0,89	5,8	0,91	14,52	
	21.		1,13	7,2	0,98	15,68	
3,5-4,0	22.	Аргиллит	0,98	6,1	0,96	15,40	21,69
	23.		1,98	6,7	1,81	28,99	
	24.		1,49	7,2	1,29	20,67	
4,0-4,5	25.	Аргиллит	1,98	8,6	1,50	24,04	22,83
	26.		1,46	7,2	1,27	20,25	
	27.		1,67	6,8	1,51	24,18	

Интервал от устья скважины, м	№ образца	Описание горной породы	Разрушающая нагрузка, Р, кН	Площадь раскола образца, S, см <sup>2</sup>	Предел прочности на растяжение, $\sigma_p$ , МПа	Предел прочности при сжатии, $\sigma_{сж}$ , МПа	Среднее значение предела прочности при сжатии $\sigma_{сж\text{ ср}}$ , МПа
4,5-5,0	22.	Аргиллит	1,45	7,6	1,21	19,32	21,48
	23.		1,76	6,8	1,59	25,49	
	24.		1,43	7,3	1,23	19,63	
5,0-5,5	25.	Алевролит	1,78	7,2	1,54	30,87	25,46
	26.		1,49	6,7	1,36	27,27	
	27.		0,94	6,2	0,91	18,23	
5,5-6,0	25.	Алевролит	1,39	4,3	1,77	35,48	35,49
	26.		2,51	6,8	2,27	45,43	
	27.		1,27	5,9	1,28	25,57	
6,0-6,5	28.	Алевролит	1,51	9,1	1,10	21,97	25,81
	29.		1,96	7,8	1,60	32,01	
	30.		1,31	6,9	1,17	23,45	
6,5-7,0	31.	Алевролит	0,99	6,6	0,92	18,33	25,96
	32.		1,86	7,3	1,60	31,92	
	33.		1,56	7	1,38	27,63	
7,0-7,5	34.	Алевролит	1,68	8,8	1,25	25,06	24,33
	35.		1,36	6,7	1,24	24,89	
	36.		1,37	7,5	1,15	23,04	
7,5-8,0	37.	Алевролит	1,32	6,9	1,18	23,63	26,15
	38.		1,46	7,3	1,25	25,06	
	39.		1,68	7	1,49	29,75	

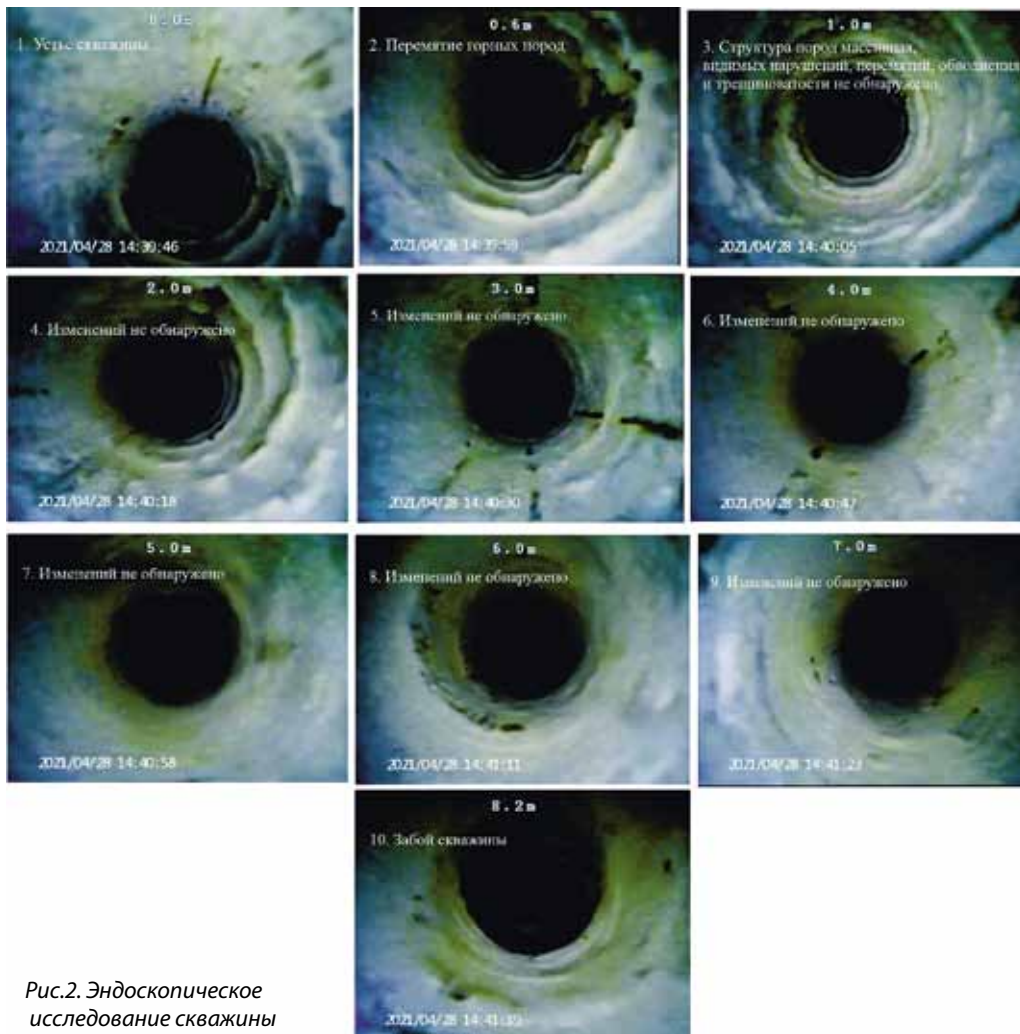


Рис.2. Эндоскопическое исследование скважины



кровли на глубине до 5 м, а также сопротивлением пород на одноосное сжатие менее 25 МПа. Применение анкерной крепи для поддержания кровли и боков Минусового штрека № 29-30 в безопасном состоянии возможно при условии крепления приконтурного массива с применением двухуровневой схемы анкерного крепления.

Специалистами компании ООО НИЦ ИПГП «РАНК» были выполнены расчеты и разработана схема крепления с полным заполнением анкеров первого уровня. Согласно выполненным расчетам анкерной крепи устанавливались анкеры первого уровня длиной не менее 2,5 м в количестве 7 штук в ряду, с шагом установки 1 м. При этом 5 анкеров устанавливались под поперечный подхват, а 2 «плечевых» анкера – под единый опорный элемент (шайба – 250×250×6 мм).

Для обеспечения полного заполнения шпуров скрепляющим составом полиэфирных ампул, необходимо использовать буровые коронки диаметром не более 28 мм. Для крепления боков выработки устанавливались по 3 анкера длиной 1,6 м. В качестве опорного элемента предусматривается шайба (250×250×2 мм), устанавливаемая совместно с шайбами 100×100×6 мм.

К установке в качестве крепи усиления принимаются неподатливые анкеры глубокого заложения типа АК01-

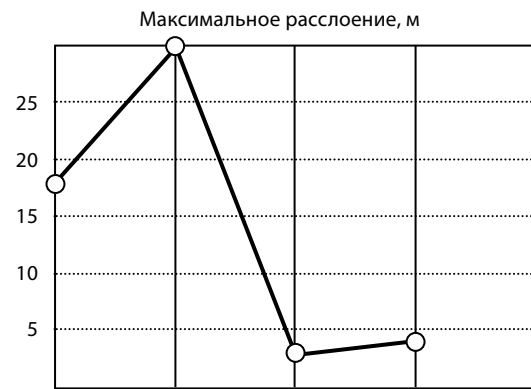


Рис. 3. График геофизического прибора Рупак

21Н (неподатливые) длиной 6,5 м. Количество анкеров в ряду – 3 штуки, шаг установки – 1 м. При этом центральный анкер устанавливается вертикально, а боковые под углом 75°.

В качестве опорных элементов применялись бесконечные продольные подхваты из СВП22(27) совместно с металлическими шайбами 125×125×8 мм. Закрепление канатных анкеров АК01-21Н производилось одной полимерной ампулой длиной 1200 мм (рис. 4, 5).

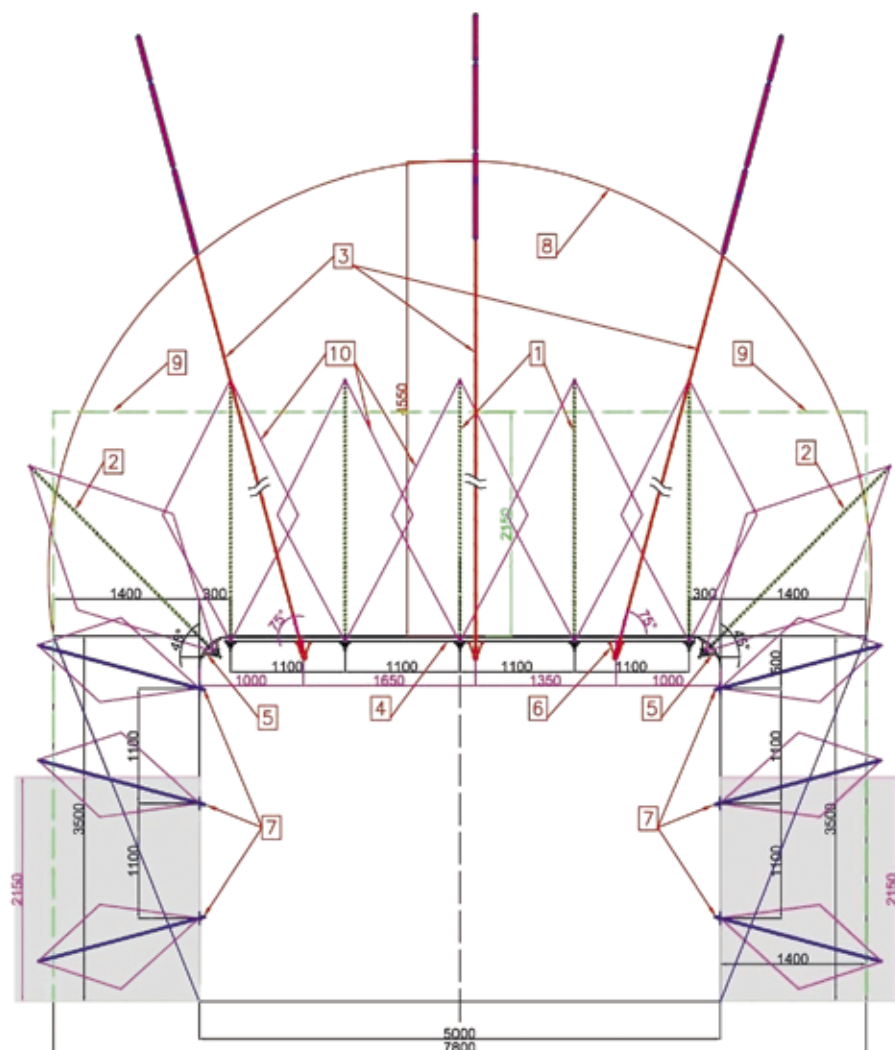


Рис. 4. Схема крепления Минусового штрека № 29-30:  
 1,2 – анкер АСП20В, L = 2,5 м с полным заполнением шпура полимерной смолой;  
 3 – анкер канатный типа АК01-21Н с закреплением в донной части шпура не менее 1,1 м или анкер типа АК с полным заполнением шпура, L = 6,5 м;  
 4 – подхват металлический ПМШ8 (10), L = 4,5 м;  
 5 – шайба металлическая 250×250×6 мм;  
 6 – бесконечный подхват из СВП22 (27) или подхват ПМК;  
 7 – анкер АСП16В, L = 1,6 м с полным заполнением шпура полимерной смолой;  
 8 – свод естественного равновесия над выработкой;  
 9 – грузонесущий свод закрепленных горных пород по контуру выработки;  
 10 – породные блоки, формирующиеся вокруг каждого анкера после его установки

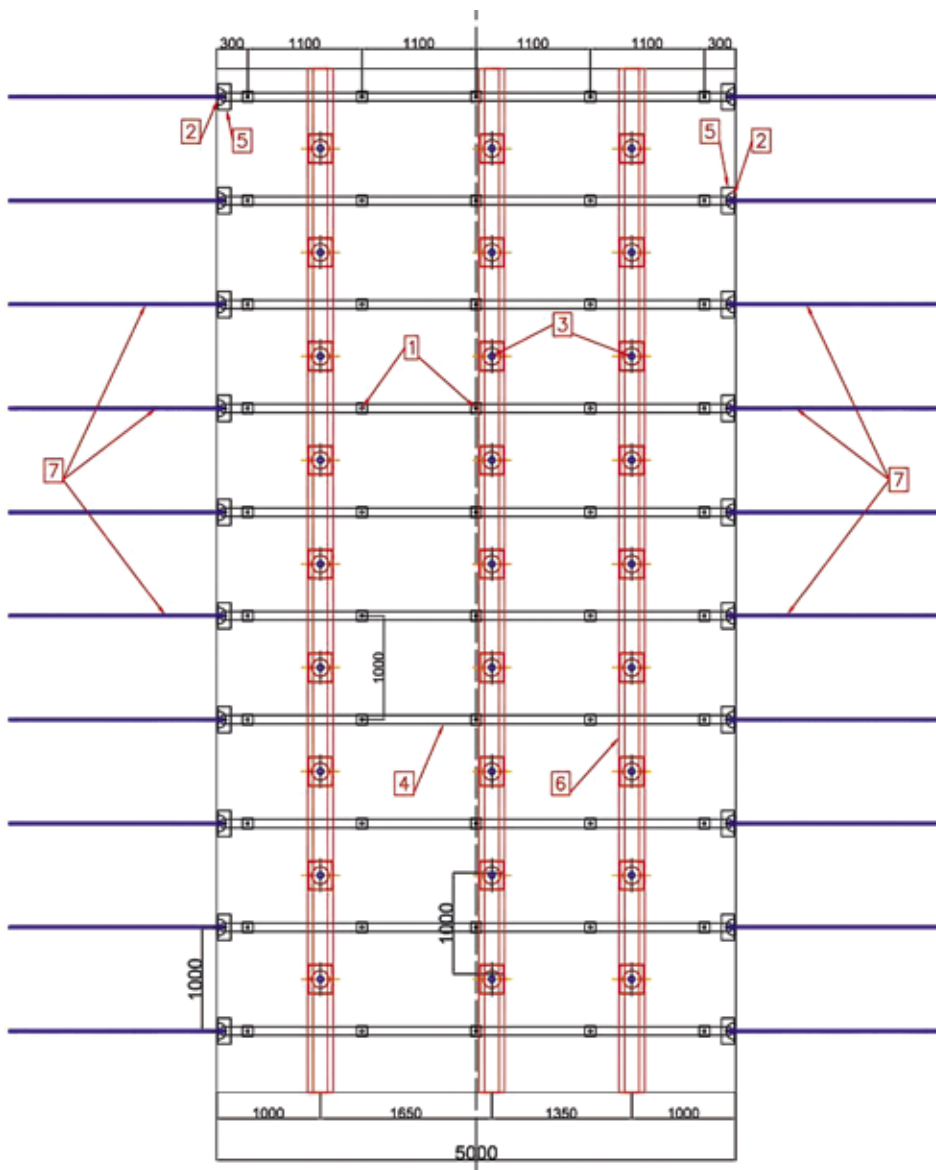


Рис. 5. Схема крепления Минусового штрека № 29-30: 1,2 – анкер АСП20В,  $L = 2,5$  м с полным заполнением шпура полимерной смолой; 3 – анкер канатный типа АК01-21Н с закреплением в донной части шпура не менее 1,1 м или анкер типа АК с полным заполнением шпура,  $L = 6,5$  м; 4 – подхват металлический ПМШ8 (10),  $L = 4,5$  м; 5 – шайба металлическая  $250 \times 250 \times 6$  мм; 6 – бесконечный подхват из СВП22 (27) или подхват ПМК; 7 – анкер АСП16В,  $L = 1,6$  м с полным заполнением шпура полимерной смолой

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная схема установки анкерной крепи первого уровня предусматривает повышенную плотность установки анкеров с образованием вокруг них породных блоков, и вследствие их взаимного влияния посредством бокового распора между блоками, происходит эффект объемного охвата укрепленных анкерами горных пород по контуру выработки. В результате этого образуется грузонесущий свод вокруг выработки, обеспечивающий устойчивое состояние горных пород по контуру выработки, что существенно влияет на надежность закрепления выработки.

Схема установки неподатливой анкерной крепи второго уровня предусматривает возможность «подшивки» образованного анкерной крепью первого уровня

грузонесущего свода выработки к более крепким породам основной кровли Минусового штрека № 29-30, что значительно увеличивает надежность безопасного крепления выработки.

Анкерная крепь АК01-21Н создает высокий уровень жесткости горного массива, а отсутствие податливости обеспечивает минимальный уровень развития деформаций. Данный вид анкерной крепи АК01-21Н позволяет обеспечить наилучшее состояние горной выработки в сложных горно-геологических условиях, а также уйти от металлоемкой рамной крепи.

Вышеуказанная схема крепления отлично сработала при проведении Минусового штрека № 29-30 в условиях шахты «Есаульская».

# Проблемы и перспективы внедрения концепции «Умный регион» в угледобывающих субъектах Российской Федерации\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-25-31>

В статье в результате анализа отдельных социально-экономических и экологических показателей развития угледобывающих регионов Российской Федерации сформулированы выводы о значительной дифференциации рассматриваемых регионов и подтверждена необходимость использования вариативных подходов в региональной экономической политике. На основании данных рейтинга регионов SMART Ассоциации инновационных регионов России и рейтинга цифровой трансформации регионов Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации построены «тепловые карты» инновационного развития и цифровой трансформации угледобывающих субъектов РФ, внедряющих концепцию «Умный регион» и развивающих отдельные проекты концепции «Умный город». В качестве итогового результата исследования проведена группировка угледобывающих регионов России по уровню цифровой трансформации и научно-технологического развития. Для полученных типологических групп угледобывающих регионов выявлены проблемы, предложены корректирующие мероприятия и определены перспективы внедрения концепции «Умный регион».

**Ключевые слова:** «Умный регион», «Умный город», угледобывающий регион, устойчивое развитие, цифровая трансформация, инновационное развитие, «тепловая карта».

**Для цитирования:** 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.

## ВВЕДЕНИЕ

Концепция «Умный регион» (Smart Region), появившаяся в странах Европейского Союза около десяти лет назад и набирающая все большую популярность в региональной экономической политике различных государств, в общем виде представляет подход к управлению территорией, в котором передовые цифровые технологии применяются, чтобы обеспечить более эффективное функционирование социально-экономической системы [1]. Основная идея заключается в использовании инновационных решений в области информационно-коммуникационных технологий, чтобы улучшить качество жизни

## ЛЫЩИКОВА Ю.В.

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры прикладной экономики  
и экономической безопасности  
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет»,  
308015, г. Белгород, Россия,  
e-mail: [lyshchikova@bsu.edu.ru](mailto:lyshchikova@bsu.edu.ru)

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01636, <https://rscf.ru/project/23-28-01636/>.

ни жителей, оптимизировать работу государственных и муниципальных служб, улучшить экологическую устойчивость и привлечь инвестиции [2]. Таким образом, целью концепции «Умный регион» являются создание инновационной и устойчивой среды для жизни и бизнеса, обеспечение комфорта и безопасности жителей, а также повышение конкурентоспособности региона в глобальном масштабе [3].

Следует отметить взаимосвязь и взаимодополняемость концепций «Умного региона» и устойчивого развития территорий, при которых устойчивое развитие, понимаемое как баланс между экономическими, социальными и экологическими аспектами развития для обеспечения благосостояния людей сегодня без истощения ресурсов и возможностей для будущих поколений, выступает в качестве одной из основных задач «Умного региона» [2]. Поддержка научно-технического прогресса и развитие цифровой экономики, создание новых рабочих мест и стимулирование инноваций, оптимизация инфраструктуры, снижение энергопотребления и выбросов вредных веществ способствуют формированию устойчивых и глобально конкурентоспособных регионов. Перечисленные задачи крайне актуальны для угледобывающих регионов России, зачастую нуждающихся в диверсификации отраслевой структуры экономики, привлечении инвестиций и стимулировании инноваций [4], интенсификации мероприятий по охране окружающей среды [5].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Объектом исследования являются социально-экономические системы угледобывающих регионов Россий-

ской Федерации в контексте выявления проблем и определения перспектив внедрения в них концепции «Умный регион». Согласно данным ряда эмпирических [6, 7] и теоретических источников [4, 8], к угледобывающим регионам России относят двадцать три субъекта Российской Федерации, обобщенные результаты анализа отдельных социально-экономических и экологических показателей развития которых за 2021 г. приведены в *табл. 1*.

Из *табл. 1* можно сделать вывод, что развитие угледобывающих субъектов РФ характеризуется значительной дифференциацией по показателям ВРП и инвестиций в основной капитал на душу населения, а также ежемесячных среднедушевых доходов. Данные показатели, а также доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников и индекс физического объема природоохранных расходов в среднем по угледобывающим регионам ниже, чем аналогичные средние показатели по России. Все перечисленное позволяет утверждать, что группа угледобывающих субъектов РФ неоднородна по показателям социально-экономического и экологического развития. Данный факт необходимо учитывать при разработке различных стратегий развития данных регионов, в том числе в сфере инновационного развития и цифровизации, таких как концепция «Умный регион».

Следовательно, для определения перспектив и выявления проблем внедрения концепции инновационно-технологической и цифровой трансформации «Умный регион» в угледобывающих субъектах РФ необходимо охарактеризовать их современное состояние с позиций ин-

Таблица 1

### Дифференциация социально-экономических и экологических показателей развития угледобывающих субъектов РФ за 2021 год\*

Differentiation of socio-economic and environmental indicators of the development of coal mining subjects of the Russian Federation for 2021

Показатель	Среднее значение по России	Среднее значение по угледобывающим регионам	Число угледобывающих регионов со значением показателя выше среднероссийского	Число угледобывающих регионов со значением показателя ниже среднероссийского	Коэффициент вариации по угледобывающим регионам, %
ВРП на душу населения, руб.	830792,7	960366,40	7	16	73,12
Инвестиции в основной капитал на душу населения, (в фактически действовавших ценах), руб.	157306	225990,17	9	14	95,43
Среднедушевые денежные доходы (в месяц), руб.	40272	41424,55	8	15	45,19
Потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц), руб.	32321	28835,17	8	15	27,25
Доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников, %	71,6	69,82	12	11	20,06
Индекс физического объема природоохранных расходов, (в сопоставимых ценах), %	105,1	101,05	10	13	21,68

\* Составлено и рассчитано автором по данным Федеральной службы государственной статистики РФ. Региональная статистика. [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/regional\\_statistics](https://rosstat.gov.ru/regional_statistics) (дата обращения: 15.12.2023).

новационного и цифрового развития. Для оценки инновационного развития регионов воспользуемся результатами рейтинга регионов России SMART, впервые рассчитанного в 2022 г. по данным 2021 г. и представленного Ассоциацией инновационных регионов России. Рейтинг объединяет исследование по пяти направлениям (рис. 1).

На основе соотнесения итогового индекса со среднероссийским уровнем в рейтинге SMART Ассоциации инновационных регионов России выделены четыре группы регионов (рис. 2).

Для оценки уровня цифрового развития угледобывающих субъектов РФ используем результаты рейтинга циф-

<b>S – научное лидерство региона (science policy)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• число статей в отечественных рецензируемых журналах, индексируемых в РИНЦ;</li> <li>• число патентных заявок на изобретения и полезные модели, включая зарубежные РСТ-заявки.</li> </ul>
<b>M – медиаактивность региона (media policy)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• индекс медиаактивности региона в области инвестиций и инноваций, включая PR-мероприятия;</li> <li>• индекс присутствия руководителя субъекта РФ в инфополе.</li> </ul>
<b>A – антикризисная поддержка и развитие малого и среднего предпринимательства (anti-crisis policy)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• доля расходов регионального бюджета на поддержку МСП в общих расходах бюджета;</li> <li>• охват государственной поддержкой субъектов МСП в регионе;</li> <li>• уровень прямой финансовой господдержки МСП (федерального и регионального уровней).</li> </ul>
<b>R – устойчивое развитие региона (regional policy/resilience)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• индекс поддержки инициатив в области экологии;</li> <li>• индекс поддержки социальных инициатив;</li> <li>• индекс поддержки инициатив в области здравоохранения.</li> </ul>
<b>T – технологическая (инновационная) политика (technological policy)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Р – кадры для цифровой экономики (доля подготовки выпускников STEAM-направлений в общем выпуске (включая ученых), количество выпускников вузов по IT-специальностям, число открытых STEM-вакансий);</li> <li>• Е – экосистема поддержки создания хайтек-бизнеса в регионе (число поддержанных в регионе стартапов, включая проекты НТИ, молодежных проектов, уровень федеральной финансовой поддержки стартап-активности и инфраструктуры для МСП).</li> </ul>
<b>Группа лидеров (наивысший класс «А»)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• значение индекса превышает 100% от среднего по стране уровня;</li> </ul>
<b>Группа относительно высокого уровня (высокий класс «В»)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• значение индекса находится в пределах от 85% до 100% включительно;</li> </ul>
<b>Группа среднего уровня (средний класс «С»)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• значение индекса находится в пределах от 70% до 85% включительно;</li> </ul>
<b>Группа относительно слабого уровня (пониженный класс «D»)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• значение индекса находится ниже 70% от среднего по стране уровня.</li> </ul>

Рис. 1. Направления и индикаторы рейтинга регионов SMART (составлено автором на основе [10])

Fig. 1. Trends and indicators in the SMART rating of regions (compiled by the author based on [10])

Рис. 2. Группы регионов рейтинга инновационного развития SMART (составлено автором на основе [10])

Fig. 2. Groups of regions in the SMART rating of innovative development (compiled by the author based on [10])

**«Тепловая карта» инновационного развития и цифровой трансформации  
угледобывающих субъектов РФ, внедряющих концепцию «Умный регион»**

"Heatmap" of innovative development and digital transformation  
of coal mining subjects of the Russian Federation implementing the concept of "Smart region"

Регион	Рейтинг регионов Smart 2022						Рейтинг Минцифры 2022 (балл/ранг)	
	S	M	A	R	T			Итог (значение/группа)
					P	E		
Новосибирская область	0,70	0,51	0,40	0,54	0,67	0,47	0,54/A	21,1/25
Приморский край	0,49	0,55	0,21	0,61	0,45	0,43	0,44/B	22,7/13
Свердловская область	0,60	0,59	0,23	0,57	0,56	0,35	0,47/B	16,8/61
Челябинская область	0,47	0,46	0,25	0,52	0,45	0,35	0,40/C	25,3/5
Мурманская область	0,36	0,45	0,32	0,52	0,32	0,31	0,37/C	19,6/34
Хабаровский край	0,50	0,45	0,33	0,49	0,48	0,20	0,39/C	15,5/73
Сахалинская область	0,23	0,41	0,48	0,40	0,26	0,00	0,29/D	21,9/20

ровой трансформации регионов России, представленного Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ в конце 2022 г. Рейтинг включает семь критериев: цифровая зрелость региона, платформа обратной связи, меры поддержки ИТ-отрасли, информационная безопасность, эксплуатация системы межведомственного электронного взаимодействия, уровень импортнезависимости программного обеспечения и перевод массовых социально значимых услуг в электронный вид [11]. В рейтинге оценены 84 субъекта РФ, отсутствует г. Москва. Каждому субъекту присвоены балльная оценка и место в рейтинге (ранг).

На основе выборки данных из приведенных выше рейтинговых исследований были составлены «тепловые карты» инновационного развития и цифровой трансформации угледобывающих субъектов РФ, внедряющих концепцию «Умный регион» (табл. 2) и развивающих в рамках сотрудничества с ПАО «Ростелеком» и Госкорпорацией «Росатом» отдельные проекты концепции «Умный город» (табл. 3). Разделение угледобывающих регионов РФ согласно внедрению ими концепций «Умный регион» или «Умный город» было проведено на основе обобщения информации регионального раздела новостного интернет-портала цифровой трансформации, телекоммуникаций, вещания и ИТ [www.comnews.ru](http://www.comnews.ru) [12]. При этом в случае внедрения «Умного региона» имеются в виду не отдельные цифровые решения в сфере регионального развития, а принятие целостной программы (стратегии/концепции), за исключением стратегий цифровой трансформации регионов, т.к. эти стратегии унифицированы, не учитывают региональную специфику и не содержат аспектов инновационного технологического развития.

Из табл. 2 можно сделать вывод, что не все регионы, внедряющие концепцию «Умный регион», обладают достаточно высоким для этого уровнем инновационного развития и цифровой трансформации. Это требует разработки и проведения мероприятий в дефицитных сферах, чтобы превентивно избежать проблем в будущем.

Из данных табл. 3 следует, что ряд регионов, таких как Ростовская и Иркутская области, обладают достаточно

высоким уровнем инновационного развития и цифровой трансформации для инициирования разработки и внедрения концепции «Умный регион». В то же время более половины исследованных угледобывающих регионов имеют уровень инновационного развития и цифровой трансформации ниже среднего, что определяет необходимость выработки рекомендаций для преодоления выявленных проблемных областей.

Для обоснования и разработки рекомендаций по преодолению отставания регионов в инновационном развитии и цифровой трансформации в отдельных проблемных сферах на завершающем этапе исследования была проведена группировка угледобывающих субъектов РФ согласно группам и рангам взятых за основу для оценки рейтингов и выделены четыре группы: «Лидеры» (четыре региона), «Аутсайдеры» (девять регионов), «Отстающие в инновационном развитии» (восемь регионов), «Отстающие в цифровой трансформации» (два региона) (табл. 4).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании результатов исследования, приведенных в табл. 2, 3 и 4, можно сформулировать ряд рекомендаций для выделенных угледобывающих регионов с целью повышения уровня инновационного развития и цифровой трансформации для формирования перспективных возможностей перехода от отдельных проектов инновационно-технологического развития и цифровизации к реализации комплексного подхода к созданию инновационной и устойчивой среды для жизни и бизнеса, обеспечения комфорта и безопасности жителей, повышения конкурентоспособности региона в глобальном масштабе на основе концепции «Умный регион».

Для групп регионов, отстающих в цифровой трансформации, и аутсайдеров необходимо внедрение комплекса мероприятий в сфере обеспечения условий для роста цифровой зрелости субъекта, формирования, развития и внедрения цифровых платформ участия регионального сообщества в управлении, расширения и внедрения мер поддержки ИТ-отрасли и обеспечения информационной безопасности, повышения эффектив-

**«Тепловая карта» инновационного развития и цифровой трансформации  
угледобывающих субъектов РФ, внедряющих концепцию «Умный город»**

“Heatmap” of innovative development and digital transformation  
of coal mining subjects of the Russian Federation implementing the concept of “Smart City”

Регион	Рейтинг регионов Smart 2022						Рейтинг Минцифры 2022 (балл/ранг)	
	S	M	A	R	T			Итог (значение/группа)
					P	E		
Ростовская область	0,50	0,42	0,46	0,54	0,55	0,46	0,48/B	21,1/26
Иркутская область	0,50	0,45	0,53	0,54	0,48	0,35	0,47/B	19,1/38
Красноярский край	0,55	0,50	0,70	0,55	0,52	0,44	0,54/A	18,5/43
Оренбургская область	0,37	0,34	0,57	0,36	0,37	0,25	0,38/C	23,0/10
Кемеровская область	0,44	0,45	0,19	0,41	0,40	0,38	0,37/C	22,0/17
Республика Саха (Якутия)	0,49	0,45	0,18	0,52	0,33	0,29	0,36/C	22,6/14
Алтайский край	0,50	0,33	0,58	0,42	0,39	0,24	0,41/C	19,8/31
Амурская область	0,40	0,37	0,36	0,38	0,38	0,24	0,35/C	18,2/46
Республика Коми	0,46	0,38	0,23	0,30	0,28	0,26	0,31/D	21,3/22
Забайкальский край	0,27	0,31	0,54	0,45	0,29	0,19	0,34/D	15,2/74
Республика Хакасия	0,38	0,28	0,46	0,29	0,32	0,17	0,32/D	15,5/72
Республика Бурятия	0,39	0,37	0,11	0,41	0,36	0,27	0,30/D	16,4/65
Магаданская область	0,36	0,34	0,36	0,33	0,31	0,00	0,27/D	15,8/69
Республика Тыва	0,42	0,33	0,08	0,10	0,18	0,22	0,23/D	14,8/78
Еврейская автономная область	0,42	0,18	0,35	0,21	0,19	0,00	0,22/D	14,6/80
Чукотский автономный округ	0,04	0,40	0,34	0,13	0,27	0,00	0,21/D	11,7/84

Таблица 4

**Группировка угледобывающих субъектов РФ по уровню инновационного развития  
и цифровой трансформации**

Classification of coal mining subjects of the Russian Federation by the level of innovative development  
and digital transformation

Рейтинг Минцифры 2022	Рейтинг регионов Smart 2022	
	Группа А и В	Группа С и D
<b>Ранг 1-42</b>	<b>«Лидеры»</b> Новосибирская область, Приморский край, Ростовская область, Иркутская область	<b>«Отстающие в инновационном развитии»</b> Челябинская область, Мурманская область, Сахалинская область, Оренбургская область, Кемеровская область, Республика Саха (Якутия), Алтайский край, Республика Коми
<b>Ранг 43-84</b>	<b>«Отстающие в цифровой трансформации»</b> Свердловская область, Красноярский край	<b>«Аутсайдеры»</b> Хабаровский край, Амурская область, Забайкальский край, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Магаданская область, Республика Тыва, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ

ности использования межведомственного электронного взаимодействия, импортозамещения зарубежного программного обеспечения и конвертации массовых общественно-значимых государственных и муниципальных услуг в онлайн-формат.

Для регионов, характеризующихся отдельными проблемными областями в инновационном развитии, могут быть рекомендованы корректирующие мероприятия, приведенные на рис. 3.

Реализация предлагаемых мер, дифференцированных в зависимости от проблематики групп угледобывающих регионов, позволит им в перспективе оптимизировать и диверсифицировать структуру экономики, повысить эффективность производства и увеличить производительность труда, снизить отрицательное воздействие про-

мышленности на окружающую среду, создать новые высокотехнологичные рабочие места, улучшить доступ населения к образованию и медицинскому обслуживанию, что в целом ускорит переход исследуемых регионов к устойчивому пространственному развитию на основе концепции «Умный регион».

#### Список литературы

- Morandi C., Rolando A., Di Vita S. From Smart City to Smart Region: Digital Services for an Internet of Places. Springer, 2016. 103 p.
- Svetislav G. Popović, Milica Dobričić, Sanja Vlahović Savić. Challenges of sustainable spatial development in the light of new international perspectives – The case of Montenegro // Land Use Policy. 2021. Vol. 105. 105438. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105438>.

Стимулирование публикационной и изобретательской активности ученых	<ul style="list-style-type: none"> <li>Челябинская область, Мурманская область, Сахалинская область, Оренбургская область, Кемеровская область, Амурская область, Республика Коми, Забайкальский край, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Магаданская область, Республика Тыва, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ;</li> </ul>
Повышение медийной активности региона в области инвестиций и инноваций, включая PR-мероприятия, и присутствия руководителя региона в информационном пространстве	<ul style="list-style-type: none"> <li>Оренбургская область, Алтайский край, Амурская область, Республика Коми, Забайкальский край, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Магаданская область, Республика Тыва, Еврейская автономная область;</li> </ul>
Увеличение расходов регионального бюджета на поддержку МСП, повышение охвата государственной поддержкой субъектов МСП в регионе и прямой финансовой господдержки МСП федерального и регионального уровней	<ul style="list-style-type: none"> <li>Приморский край, Свердловская область, Челябинская область, Мурманская область, Хабаровский край, Кемеровская область, Республика Саха (Якутия), Амурская область, Республика Коми, Республика Бурятия, Магаданская область, Республика Тыва, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ;</li> </ul>
Стимулирование поддержки инициатив в области экологии и здравоохранения, а также социальных инициатив	<ul style="list-style-type: none"> <li>Оренбургская область, Амурская область, Республика Коми, Республика Хакасия, Магаданская область, Республика Тыва, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ;</li> </ul>
Увеличение числа подготовки выпускников STEAM-направлений в общем выпуске (включая ученых), выпускников вузов по IT-специальностям и открытых STEM-вакансий (востребованности кадров для «новой экономики»)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Мурманская область, Сахалинская область, Оренбургская область, Кемеровская область, Республика Саха (Якутия), Алтайский край, Амурская область, Республика Коми, Забайкальский край, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Магаданская область, Республика Тыва, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ;</li> </ul>
Стимулирование создания и развития в регионе стартапов, включая проекты НТИ, и молодежных проектов и увеличение федеральной финансовой поддержки стартап-активности и инфраструктуры для МСП	<ul style="list-style-type: none"> <li>Мурманская область, Хабаровский край, Сахалинская область, Оренбургская область, Республика Саха (Якутия), Алтайский край, Республика Коми, Забайкальский край, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Магаданская область, Республика Тыва, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ.</li> </ul>

Рис. 3. Мероприятия по нивелированию проблемных областей инновационного развития угледобывающих регионов РФ  
 Fig. 3. Measures to mitigate problem areas in innovative development of coalmining regions of the Russian Federation

- The 'Smart Region' concept: the implementation of digital technology / J.V. Lyshchikova, E.A. Stryabkova, A.S. Glotova et al. // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2019. Vol. 10. No 4 (42). pp. 1338-1345. DOI: [https://doi.org/10.14505//jarle.v10.4\(42\).34](https://doi.org/10.14505//jarle.v10.4(42).34).
- Саблин К.С., Каган Е.С., Чернова Е.С. Кластеризация угледобывающих регионов России: инвестиционная и инновационная активность // Journal of New Economy. 2020. Т. 21. № 1. С. 89-106. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-1-5.
- 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 (55). С. 35-43. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43.
- Топ-10 ведущих угледобывающих регионов РФ. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.eruda.ru/gdp/top-10\\_vedushchikh\\_ugledobyvayushchikh\\_regionov\\_rf.htm](http://www.eruda.ru/gdp/top-10_vedushchikh_ugledobyvayushchikh_regionov_rf.htm) (дата обращения: 15.12.2023).
- Крупнейшие регионы по добыче угля в России. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.eruda.ru/gdp/top-10\\_vedushchikh\\_ugledobyvayushchikh\\_regionov\\_rf.htm](http://www.eruda.ru/gdp/top-10_vedushchikh_ugledobyvayushchikh_regionov_rf.htm) (дата обращения: 15.12.2023).
- Вихрова Н.О. Оценка инвестиционной привлекательности регионов угледобычи РФ // Бизнес. Образование. Право. 2019. № 3 (48). С. 97-103. DOI: 10.25683/VOLBI.2019.48.327.
- Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. Региональная статистика. [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/regional\\_statistics](https://rosstat.gov.ru/regional_statistics) (дата обращения: 15.12.2023).



10. Рейтинг регионов SMART версии 2022 г. [Электронный ресурс]. URL: [https://i-regions.org/images/books/AIRR\\_Raiting\\_2021\\_web.pdf](https://i-regions.org/images/books/AIRR_Raiting_2021_web.pdf) (дата обращения: 15.12.2023).
11. Вице-премьер Чернышенко представил лидеров и аутсайдеров цифровой трансформации среди регионов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 15.12.2023).
12. Новости цифровой трансформации, телекоммуникаций, вещания и ИТ. Региональные новости. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 15.12.2023).

## Original Paper

UDC 332.146 © J.V. Lyshchikova, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 25-31  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-25-31>

**Title**  
**PROBLEMS AND PROSPECTS OF IMPLEMENTATION OF THE “SMART REGION” CONCEPT IN THE COAL MINING REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Authors**

Lyshchikova J.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Belgorod State National Research University, Belgorod, 308015, Russian Federation

**Authors Information**

**Lyshchikova J.V.**, PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, e-mail: [lyshchikova@bsu.edu.ru](mailto:lyshchikova@bsu.edu.ru)

**Abstract**

In the article, as a result of the analysis of individual socio-economic and environmental indicators of the development of coal mining regions of the Russian Federation, conclusions are formulated about the significant differentiation of the regions under consideration and the need for the use of variable approaches in regional economic policy is confirmed. Based on the data of the SMART regions rating of the Association of Innovative Regions of Russia and the rating of digital transformation of regions of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation, “heat maps” of innovative development and digital transformation of coal mining subjects of the Russian Federation, introducing the concept of “Smart Region” and developing individual projects of the concept of “Smart City” were built. As a final result of the study, the coal mining regions of Russia were grouped according to the level of digital transformation and scientific and technological development. Problems have been identified for the obtained typological groups of coal mining regions, corrective measures have been proposed and prospects for the introduction of the “Smart Region” concept have been identified.

**Keywords**

“Smart region”, “Smart city”, Coal mining region, Sustainable development, Digital transformation, Innovative development, “Heat map”.

**References**

- Morandi C., Rolando A. & Di Vita S. From Smart City to Smart Region: Digital Services for an Internet of Places. Springer, 2016. 103 p.
- Svetislav G. Popović, Milica Dobričić & Sanja Vlahović Savić. Challenges of sustainable spatial development in the light of new international perspectives – The case of Montenegro. *Land Use Policy*, 2021, (105), 105438. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105438>.
- Lyshchikova J.V., Stryabkova E.A., Glotova A.S. & Dobrodomova T.N. The ‘Smart Region’ concept: the implementation of digital technology. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2019, Vol. 10, 4 (42), pp. 1338-1345. DOI: [olhttps://doi.org/10.14505/jarle.v10.4\(42\).34](https://doi.org/10.14505/jarle.v10.4(42).34).
- Sablin K.S., Kagan E.S. & Chernova E.S. Clustering of coal mining regions of Russia: investment and innovation activity. *Journal of New Economy*, 2020, Vol. 21, (1), pp. 89-106. DOI: [10.29141/2658-5081-2020-21-1-5](https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-1-5). (In Russ.).

- Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M. & Smirnova N.A. On the issue of assessing the ecological state of the environment for achieving sustainable development of coal mining regions of Russia. *Sustainable development of mountain territories*, 2023, Vol. 15, 1 (55), pp. 35-43. DOI: [10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43](https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43). (In Russ.).
- Top 10 leading coal mining regions of the Russian Federation. [Electronic resource]. Available at: [http://www.eruda.ru/gdp/top-10\\_vedushchikh\\_ugledobyvayushchikh\\_regionov\\_rf.htm](http://www.eruda.ru/gdp/top-10_vedushchikh_ugledobyvayushchikh_regionov_rf.htm) (accessed 15.12.2023). (In Russ.).
- The largest coal mining regions in Russia. [Electronic resource]. Available at: [http://www.eruda.ru/gdp/top-10\\_vedushchikh\\_ugledobyvayushchikh\\_regionov\\_rf.htm](http://www.eruda.ru/gdp/top-10_vedushchikh_ugledobyvayushchikh_regionov_rf.htm) (accessed 15.12.2023). (In Russ.).
- Vikhrova N.O. Assessment of investment attractiveness of coal mining regions of the Russian Federation. *Business. Education. Right*, 2019, 3 (48), pp. 97-103. DOI: [10.25683/VOLBI.2019.48.327](https://doi.org/10.25683/VOLBI.2019.48.327). (In Russ.).
- Official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation. Regional statistics. [Electronic resource]. Available at: [https://rosstat.gov.ru/regional\\_statistics](https://rosstat.gov.ru/regional_statistics) (accessed 15.12.2023). (In Russ.).
- Rating of regions SMART version 2022. [Electronic resource]. Available at: [https://i-regions.org/images/books/AIRR\\_Raiting\\_2021\\_web.pdf](https://i-regions.org/images/books/AIRR_Raiting_2021_web.pdf) (accessed 15.12.2023). (In Russ.).
- Deputy Prime Minister Chernyshenko presented the leaders and outsiders of digital transformation among the regions. [Electronic resource]. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (accessed 15.12.2023). (In Russ.).
- News of digital transformation, telecommunications, broadcasting and IT. Regional news. [Electronic resource]. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (accessed 15.12.2023). (In Russ.).

**Acknowledgements**

The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-28-01636, <https://rscf.ru/project/23-28-01636/>.

**For citation**

Lyshchikova J.V. Problems and prospects of implementation of the “Smart Region” concept in the coal mining regions of the Russian Federation. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 25-31. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2024-1-25-31](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-25-31).

**Paper info**

Received August 22, 2023

Reviewed November 13, 2023

Accepted December 7, 2023

# Адаптация деятельности персонала угледобывающего предприятия к внешним вызовам

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-32-36>

## КАНЗЫЧАКОВ С.В.

Канд. техн. наук,  
генеральный директор  
ООО «СУЭК-Хакасия»,  
655162, г. Черногорск, Россия

## АЗЕВ В.А.

Доктор техн. наук,  
технический директор  
ООО «СУЭК-Хакасия»,  
655162, г. Черногорск, Россия,  
e-mail: AzevVA@suek.ru

## ЗАХАРОВ С.И.

Канд. экон. наук,  
зав. лабораторией организации  
и оплаты труда НИИОГР,  
454048, г. Челябинск, Россия

## КОРКИНА Т.А.

Доктор экон. наук,  
профессор ФГБОУ ВО «ЧелГУ»,  
зав. лабораторией управления  
развитием персонала НИИОГР,  
454001, г. Челябинск, Россия,  
e-mail: kort2005@mail.ru

## КОНАКОВА О.В.

Старший преподаватель  
ФГБОУ ВО «ЧелГУ»,  
экономист НИИОГР,  
454048, г. Челябинск, Россия

Для сохранения жизнеспособности в условиях шоковых воздействий и нарастания неопределенности среды предприятиям необходимо решить задачи по изменению стратегии, уточнению целей, поиску вариантов антисанкционных мер, рационализации затрат и т.п., что обуславливает потребность в изменении целевой направленности и структуры деятельности работников.

В статье описан методический подход к адаптации деятельности персонала ко вновь возникающим внешним вызовам, в основе которого интеграция системного и проектного подходов. Раскрыты принципы субъектности, опциональности и цикличности, которыми следует руководствоваться при использовании предложенного методического подхода. Представлены результаты адаптации деятельности персонала, достигнутые с применением этого методического подхода в ООО «СУЭК-Хакасия», заключающиеся в развитии компетенции персонала и получении экономического эффекта.

**Ключевые слова:** угледобывающее предприятие, персонал, адаптация деятельности, системный подход, проектный подход.

**Для цитирования:** Адаптация деятельности персонала угледобывающего предприятия к внешним вызовам / С.В. Канзычаков, В.А. Азев, С.И. Захаров и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 32-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-32-36.

## ВВЕДЕНИЕ

Условия функционирования угледобывающих предприятий в последние годы характеризуются ускорением организационно-технологических преобразований и сменой направлений развития экономики, что обусловлено периодически возникающими внешними вызовами: пандемия COVID-19, активная цифровизация экономики, дефицит кадров, ужесточение санкционного давления. Как следствие – высокая волатильность цен на уголь, логистические проблемы в поставке продукции, материально-технических и энергетических ресурсов, повышение стоимости ресурсов, изменение состава потребителей и их требований к качеству продукции [1]. Так, за период с 2021 по 1 квартал 2023 г. количество стран, в которые экспортировался российский уголь, уменьшилось в 3,3 раза, при этом появились новые страны, в которые ранее экспорт не осуществлялся, такие как ОАЭ, Вьетнам и др. [2]. В первом квартале 2023 г. прибыль российских угольных компаний до налогообложения снизилась на 59% вследствие роста себестоимости под влиянием санкций, повышения транспортных расходов, снижения цен на уголь [3].

Для сохранения жизнеспособности в условиях нарастания неопределенности, вариативности и шоковых воздействий, обуславливающих возникновение новых вызовов, от каждого предприятия требуется решение ряда задач:

изменение стратегии, уточнение целей, поиск вариантов антисанкционных мер, рационализация расходов и т.п., что предопределяет необходимость изменения направленности и структуры деятельности работников.

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД**

Внешним вызовом является проблема, возникающая на предприятии вследствие непрогнозируемого изменения условий функционирования, которая представляет угрозу для его жизнеспособности. Для устранения такой угрозы необходимо вовлечение персонала в разработку нематериальных и неосязаемых активов, в поиск и реализацию инновационных решений, обеспечивающих сохранение жизнеспособности предприятия.

В качестве методологической основы, позволяющей обеспечивать в ответ на внешние вызовы мобильную перестройку внутренних процессов предприятия для его адаптации, предлагается интегрировать системный и проектный подходы. В соответствии с системным подходом угледобывающее предприятие рассматривается как социально-экономическая система – совокупность субъектов, взаимосвязанных социальными и экономическими отношениями, возникающими в процессе производства товаров и услуг. Одним из ключевых субъектов такой системы является персонал предприятия, качество и эффективность деятельности которого предопределяют скорость и адекватность изменений внутренних процессов предприятия. В свою очередь, модели трудового поведения, реализуемые персоналом, обуславливают уровень и эффективность использования его потенциала. Применение проектного подхода позволяет повысить потенциал персонала и уровень его использования посредством

развития как индивидуальных компетенций, так и взаимодействия персонала при решении актуальных производственных проблем [4, 5, 6]. Достоинством проектного подхода является возможность выработки и реализации адапционных мер в оперативном режиме, т.к. любой проект, по сути, направлен на решение задач за определенный срок при ограничении ресурсов.

Общая схема методического подхода представлена на рис. 1.

На подготовительном этапе с персоналом предприятия проводятся аналитико-моделирующие семинары, в ходе которых, исходя из тенденций внешней среды, целей и задач развития объединения и предприятий, актуализируются требования, предъявляемые к деятельности персонала, определяется направление адапционных преобразований, необходимые изменения компетенций. Например, в 2021 г. приоритетной задачей стало развитие представлений и компетенций работников для преодоления последствий COVID-19, в 2023 г. – для адаптации к вызовам санкционного давления (см. таблицу). Актуализация внешних вызовов применительно к целям и задачам предприятия позволяет персоналу осознать и уяснить необходимость изменения параметров деятельности как в целом для предприятия, так и для его работников.

Кроме того, на подготовительном этапе определяется текущее состояние представлений и компетенций работников по методике, включающей экспертную оценку и самооценку работниками [7].

В рамках трансформационного этапа осуществляются подбор методов развития представлений и компетенций работников, методическое сопровождение циклической работы по развитию потенциала персонала: проведение

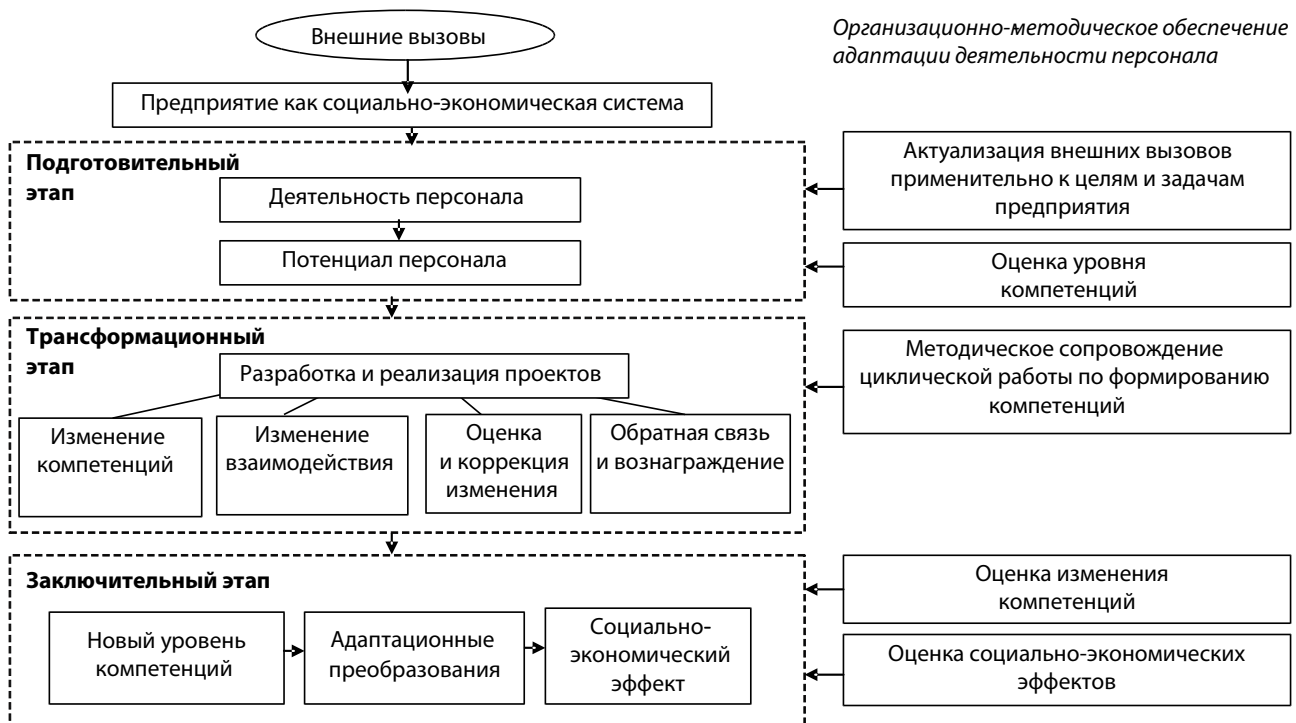


Рис. 1. Методический подход к адаптации деятельности персонала

Fig. 1. Methodological approach to adaptation of personnel activity

семинаров и тренингов по разработке и реализации проектов, направленных на решение актуальных задач адаптации; коррекция и мониторинг хода реализации проектов работниками; получение и анализ обратной связи; определение ценности проектов и организация процесса вознаграждения их разработчиков.

На заключительном этапе проводится итоговая оценка компетенций работников, оценивается полученный социально-экономический эффект от реализации проектов.

Реализация предложенного методического подхода предполагает понимание и применение соответствующих принципов, то есть наиболее важных исходных правил. Исходя из представления предприятия как социально-экономической системы, в качестве базового предлагается рассматривать принцип субъектности, суть которого заключается в непосредственном активном включении работника предприятия в процесс решения актуальных проблем с опорой на его способность к самоопределению и саморазвитию, получению и передаче опыта [8].

Проектный подход к решению задачи адаптации деятельности персонала к вызовам внешней среды целесообразно осуществлять, опираясь на принцип цикличности. Этот принцип подразумевает поэтапное формирование у персонала компетенций, позволяющих разрабатывать и реализовывать актуальные и эффективные проекты адаптационных преобразований. Этапы цикла:

- актуальная задача по адаптации к внешним вызовам;
- проработка замысла и структуры проекта работниками предприятия и экспертами;
- самостоятельная доработка и опробование предложенного работниками проекта в производственной деятельности;
- совместная с экспертами проработка затруднений в реализации проекта и его корректировка;
- реализация проекта и получение социально-экономического эффекта;
- актуальная задача по адаптации к новым внешним вызовам;
- разработка замысла следующего проекта адаптационных преобразований.

Успешная реализация проекта адаптационных преобразований приводит к повышению эффективности труда работника. У него появляется резерв времени и ресурсов по отношению к конкурентам. Направляя высвободивши-

еся ресурсы и время на решение новых задач адаптации, он обеспечивает конкурентоспособный темп роста эффективности своего труда.

Еще один принцип должен быть направлен на объединение, интеграцию системного и проектного подходов, обеспечивая необходимую скорость и адекватность реагирования персонала и предприятия на внешние изменения. Для решения этой задачи предлагается использовать принцип опциональности. Опциональность – вариативность, свобода выбора адаптационных реакций при возникновении неожиданных обстоятельств [9, 10]. Данный принцип реализуется посредством формирования «портфеля» возможных адаптационных преобразований, исходя из актуальных потребностей предприятия, например: цифровизация, импортозамещение, экономия МТР в каждом рабочем процессе. Работники могут выбрать одно из направлений для разработки и реализации проекта.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

С применением описанного методического подхода в ООО «СУЭК-Хакасия» за период с 2020 по первое полугодие 2023 г. разработан и реализован 31 проект по адаптации деятельности персонала к внешним вызовам (см. таблицу). Данная работа является неотъемлемой частью развиваемой в ООО «СУЭК-Хакасия» с 2002 года системы профессиональной подготовки персонала, направленной на повышение полезности нематериальных и неосязаемых активов [11, 12, 13].

В разработке и реализации проектов за 2020-2022 гг. приняли участие 102 работника предприятий от уровня старших рабочих до главных специалистов. Динамика количества и результатов реализации проектов представлена на рис. 2.

Из анализа динамики следует, что наблюдается нестабильная результативность адаптации деятельности персонала к внешним вызовам. Это может объясняться различием в сложности и масштабности возникающих проблем: для преодоления последствий COVID-19 и санкционного давления требуются, как правило, нестандартные и системные решения, которые в рамках отдельных производственных подразделений реализовать практически невозможно. Следовательно, при кардинальных и существенных изменениях внешней среды в разработку и реализацию проектов по адаптации требуется активное включение всех уровней управления.

#### Характеристика проектов, направленных на адаптацию деятельности персонала к внешним вызовам, разработанных и реализованных в ООО «СУЭК-Хакасия» в 2020-2023 гг.

Description of projects aimed at adaptation of personnel activity to external challenges, developed and implemented in LLC SUEK-Khakassia in 2020-2023

Период	Направление адаптации	Результат
2020 г.	Повышение конкурентоспособности предприятия	12 проектов
2021 г.	Преодоление последствий COVID-19 посредством изменения организационных укладов	7 проектов
2022 г.	Цифровизация	9 проектов (дополнительно три проекта находятся на стадии реализации)
2023 г. (первое полугодие)	Развитие в условиях санкционного давления	Разработаны в первом полугодии три проекта



Рис. 2. Результаты развития компетенций персонала по адаптации деятельности к внешним вызовам в ООО «СУЭК-Хакасия» (нарастающим итогом)

Fig. 2. Results of developing personnel competencies on adaptation of their activities to external challenges in SUEK-Khakassia LLC (running total)

## ВЫВОДЫ

Адаптация деятельности персонала ООО «СУЭК-Хакасия» к внешним вызовам осуществлялась на основе научно-методической базы, включающей:

- интеграцию системного и проектного подходов;
- программу аналитико-моделирующих семинаров, актуализирующую требования внешней среды и систематизирующую последствия внешних вызовов, моделирующие способы адаптации;
- методику оценки сформированности компетенций разработки и реализации проектов по адаптации деятельности к внешним вызовам;
- требования к разрабатываемым проектам;
- методику расчета экономического эффекта.

Проводимая в производственном объединении работа позволяет получать не только экономический эффект, но и постепенно формировать у персонала понимание, что в условиях возрастания неопределенности приоритетными факторами жизнеспособности предприятия являются не столько модернизация технологии и оборудования, сколько наращивание и использование потенциала персонала для своевременной адаптации деятельности к внешним вызовам посредством совершенствования организации труда и производства, мотивации и стимулирования персонала к инновационной деятельности.

## Список литературы

1. Цивилева А.Е., Голубев С.С. Влияние санкций на работу предприятий угольной промышленности // Уголь. 2022. № 8. С. 84-91. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-84-91.
2. Мешков Г.Б., Петренко И.Е., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-март 2023 года // Уголь. 2023. № 6. С. 5-13.
3. Пульс угля – 10 июля: угольная промышленность в моменте. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.eastrussia.ru/material/puls-uglya-10-iyulya-ugolnaya-promyshlennost-v-momente\\_/](https://www.eastrussia.ru/material/puls-uglya-10-iyulya-ugolnaya-promyshlennost-v-momente_/) (дата обращения: 15.12.2023).
4. Lock D. Project management. Routledge, 2020. 550 p.
5. Великосельский А.В. Стратегическое управление угледобывающей компанией на основе процессно-проектного подхода // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 1. С. 193-199. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-193-199.
6. Project Management Methodologies in the Fourth Technological Revolution / J. Pajares, D. Poza, F. Villafañez et al. In: Hernández C. (eds) Advances in Management Engineering. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering. Springer, Cham. 2017. P. 121-144. DOI: 10.1007/978-3-319-55889-9-7.
7. Полещук М.Н. Социально-экономическая оценка деятельности работника угледобывающего предприятия: критерии и показатели, методика // Известия Уральского государственного горного университета. 2021. № 1. С. 150-159. DOI: 10.21440/2307-2091-2021-1-150-159.
8. Лапаева О.А. Субъектность работников предприятия: понятие и методики оценки // Проблемы теории и практики управления. 2020. № 10. С. 161-180. DOI: 10.46486/0234-4505-2020-10-161-180.
9. Datta S., Kutzewski T. Strategic Optionality: Introducing the Idea. Strategic Optionality: Pathways Through Disruptive Uncertainty. Cham: Springer International Publishing, 2023. P. 91-108.
10. Temitope A.S., Asikhia O. Introduction to The Influence of Warm Data on Risk Leadership // International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS). July 2022. Vol. VI. Is. VII. P. 174-176. [Электронный ресурс]. URL: [www.rsisinternational.org](http://www.rsisinternational.org) (дата обращения: 15.12.2023).
11. Развитие регионального угледобывающего производственного объединения на основе сбалансированного повышения уровня полезности его активов / А.Б. Килин, В.А. Азев, А.С. Костарев и др. // Уголь. 2023. № 4. С. 15-22. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-15-22.
12. Канзычаков С.В. СУЭК-Хакасия: от стабильности к развитию // Уголь. 2023. № 8. С. 17-20.
13. Азев В.А., Кобец Е.В. Подходы к формированию профессиональной культуры будущего инженера // Уголь. 2023. № 8. С. 101-106. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-8-101-106.

Original Paper

UDC 658.387:622.3 © S.V. Kanzychakov, V.A. Azev, S.I. Zakharov, T.A. Korkina, O.V. Konakova, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 32-36  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-32-36>

**Title****ADAPTATION OF ACTIVITIES OF COAL MINING COMPANY'S PERSONNEL TO EXTERNAL CHALLENGES****Authors**

Kanzychakov S.V.<sup>1</sup>, Azev V.A.<sup>1</sup>, Zakharov S.I.<sup>2</sup>, Korkina T.A.<sup>2,3</sup>, Konakova O.V.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> "SUEK-Khakassia" LLC, Chernogorsk, 655162, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of efficiency and safety of mining production ("NII OGR" LLC), Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

<sup>3</sup> Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, 454001, Russian Federation

**Authors Information**

**Kanzychakov S.V.**, PhD (Engineering), General Director

**Azev V.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Technical Director,  
 e-mail: [AzevVA@suek.ru](mailto:AzevVA@suek.ru)

**Zakharov S.I.**, PhD (Economic), Head of the Labor Organization  
 and Remuneration Laboratory

**Korkina T.A.**, Doctor of Economic Sciences, Professor,  
 Head of the Personnel Development Management Laboratory,  
 e-mail: [kort2005@mail.ru](mailto:kort2005@mail.ru)

**Konakova O.V.**, Senior lecturer, Economist

**Abstract**

In order to maintain viability in conditions of shocks and increasing environmental uncertainty, each business needs to solve a number of problems, i.e. a change in the strategy, clarification of objectives, search for options for anti-sanctions measures, streamlining expenditures, etc., which determines the need to change the target orientation and structure of employees' activities.

The article describes a methodological approach to adaptation of personnel activities to emerging external challenges, which is based on the integration of the system and project approaches. The article discloses the principles of subjectivity, optionality and cyclicity, which need to be followed when using the proposed methodological approach. The results of the personnel activity adaptation achieved with the use of this methodical approach at the SUEK-Khakassia LLC, which consist in the development of personnel competence and obtaining economic effect, are presented.

**Keywords**

Coal mining operation, Personnel, Adaptation of activities, Systems approach, Project approach.

**References**

1. Tsivileva A.E. & Golubev S.S. Impact of sanctions on operation of the coal industry enterprises. *Ugol'*, 2022, (8), pp. 84-91. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2022-8-84-91](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-8-84-91).
2. Meshkov G.B., Petrenko I.E., Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January-March, 2023. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 5-13. (In Russ.).
3. The pulse of coal – July 10: the coal industry at the moment. [Electronic resource]. Available at: [https://www.eastrussia.ru/material/puls-uglya-10-iyulya-ugolnaya-promyshlennost-v-momente\\_/](https://www.eastrussia.ru/material/puls-uglya-10-iyulya-ugolnaya-promyshlennost-v-momente_/) (accessed 15.12.2023).
4. Lock D. Project management. Routledge, 2020, 550 p.

5. Velikoselsky A.V. Strategic management based on the process-and-project approach in coal mining // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, 2019, (1), pp. 193-199. (In Russ.). DOI: [10.25018/0236-1493-2019-01-0-193-199](https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-01-0-193-199).

6. Pajares J., Poza D., Villafañez F. et al. Project Management Methodologies in the Fourth Technological Revolution. In: Hernández C. (eds) *Advances in Management Engineering. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*. Springer, Cham, 2017, pp. 121-144. DOI: [10.1007/978-3-319-55889-9-7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55889-9-7).

7. Poleshchuk M.N. Socio-economic valuation of an employee's work activities of a coal mining enterprise: Criteria, indicators, and methodology. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, 2021. (1), pp. 150-159. (In Russ.). DOI: [10.21440/2307-2091-2021-1-150-159](https://doi.org/10.21440/2307-2091-2021-1-150-159).

8. Lapaeva O.A. Subjectivity of employees: the concept and methods of assessment. *Problemy teorii i praktiki upravleniya*, 2020, (10), pp. 161-180. (In Russ.). DOI: [10.46486/0234-4505-2020-10-161-180](https://doi.org/10.46486/0234-4505-2020-10-161-180).

9. Datta S. & Kutzewski T. Strategic Optionality: Introducing the Idea. *Strategic Optionality: Pathways Through Disruptive Uncertainty*. Cham, Springer International Publishing, 2023, pp. 91-108.

10. Temitope A.S. & Asikhia O. Introduction to The Influence of Warm Data on Risk Leadership. *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, July 2022, Vol. VI, (VII), pp. 174-176. [Electronic resource]. Available at: [www.rsisinternational.org](http://www.rsisinternational.org) (accessed 15.12.2023).

11. Kilin A.B., Azev V.A., Kostarev A.S., Galkin V.A. & Makarov A.M. Development of regional coal mining production association based on sustainable increase in the utility level of its assets. *Ugol'*, 2023, (4), pp. 15-22. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-4-15-22](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-15-22).

12. Kanzychakov S.V. SUEK-Khakassia: from stability towards development. *Ugol'*, 2023, (8), pp. 17-20. (In Russ.).

13. Azev V.A. & Kobets E.V. Approaches to the formation of professional culture future engineer. *Ugol'*, 2023, (8), pp. 101-106. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-8-101-106](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-8-101-106).

**For citation**

Kanzychakov S.V., Azev V.A., Zakharov S.I., Korkina T.A. & Konakova O.V. Adaptation of activities of coal-mining company's personnel to external challenges. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 32-36. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2024-1-32-36](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-32-36).

**Paper info**

Received October 13, 2023

Reviewed November 13, 2023

Accepted December 7, 2023

# Анализ источников выработки перспективного углеводородного топлива

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-37-42>

Рассмотрены перспективные двигатели для систем различного назначения: авиация, наземный транспорт, стационарные энергосистемы. Проведен анализ углеводородных топлив для таких систем. Показано, что метанол обладает неоспоримыми достоинствами. Рассмотрены различные источники получения метанола, исходя из современных технологий его получения. Выявлено, что в современных экономических условиях наиболее целесообразна выработка метанола из угля. В то же время перспективной технологией для производства метанола является его выработка из водорода, полученного путем электролиза на базе гидроэнергетики.

**Ключевые слова:** углеводородное топливо, метанол, электролиз на базе гидроэнергетики, выбросы  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_x$ , генерация метанола, e-метанол.

**Для цитирования:** Афанасьев В.Я., Краев В.М., Тихонов А.И. Анализ источников выработки перспективного углеводородного топлива // Уголь. 2024. № 1. С. 37-42. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-37-42.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные экономические и политические внешние условия предъявляют новые требования к двигателям и другим энергоустановкам.

В некоторых европейских странах экологические проблемы используют как определенный инструмент экономической борьбы с внешним миром. Эта борьба приобрела статус государственной политики и получила одобрение на законодательном уровне.

Основная идея заключается в снижении выбросов  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_x$  и переходе к возобновляемым источникам энергии.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Согласно решению Евросоюза, новые автомобили должны достичь сокращения выбросов углекислого газа на 55% с 2030 по 2034 год по сравнению с 2021 г., а коммерческий транспорт должен сократить их на 50% [1]. Более того, с 2035 г. выброс  $\text{CO}_2$  легковыми автомобилями и микроавтобусами, не только выпускаемыми, но и продаваемыми в Евросоюзе, должен быть равен нулю. То есть с 2035 г. вводится запрет в странах Европы на автомобили с двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

## АФАНАСЬЕВ В.Я.

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

## КРАЕВ В.М.

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

## ТИХОНОВ А.И.

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

В современных условиях такое решение удивляет, поскольку ДВС предполагается заместить аккумуляторными электродвигателями или электродвигателями с водородными топливными ячейками (ТЯ). Оба эти решения нельзя назвать оптимальными, поскольку они предполагают как многократное преобразование энергии из природных источников так и высокую стоимость применения таких технологий. Многократное преобразование энергии из природных источников, связано с потерями энергии согласно второму закону термодинамики. Например, объем природного газа, израсходованного на получение электрической энергии для зарядки аккумуляторных батарей и привод электрических двигателей (ЭД) будет существенно выше, нежели сжигание этого же газа в ДВС.

Кроме того, применение аккумуляторных батарей большой емкости требует увеличения выработки компонентов для их производства в глобальном масштабе. Но не менее важным моментом является вес аккумуляторных батарей. Например, у всем известных автомобилей Tesla вес батареи приблизительно (в зависимости от модификации) равен 500 кг, что составляет около четверти снаряженной массы автомобиля [2]. Такой подход (соотношение массы топлива и полезной нагрузки) абсолютно неприемлем в городских условиях, когда режим движения автомобиля состоит из многочисленных циклов разгон-торможение. На процесс разгона тратится существенно большая часть энергии, чем на преодоление аэродинамического сопротивления при движении с постоянной скоростью, т.е. сама энергия с системой ее хранения должна иметь минимальную массу.

Более целесообразным выглядит применение топливных ячеек как системы преобразования химической энергии в электрическую, которые обладают существенно меньшей массой, чем аккумуляторные батареи. Существуют ТЯ, работающие на различных химических источниках. Наиболее популярны водородные ТЯ. Однако применение водорода в качестве топлива имеет ряд принципиальных недостатков. Например, низкий удельный вес водорода приводит к увеличению объема топливных баков [3], что является причиной снижения полезного объема транспортной системы и/или увеличения аэродинамического сопротивления [4]. Оба эти недостатка принципиальны для использования водорода в транспортных системах. Незначительное снижение объема водородных топливных баков возможно при повышении давления газа или хранении его в жидком состоянии. Однако повышение давления в топливном баке приведет к увеличению его массы, а хранение водорода в жидком состоянии (около  $-250^{\circ}\text{C}$ ) также требует специфической теплоизоляции топливного бака. Еще одним недостатком водорода является специфика его транспортировки, опять же ввиду его низкой плотности. Таким образом, применение водорода, несмотря на его экологичность и эффективность при окислении, связано с рядом проблем, причиной которых являются физические свойства водорода как химического элемента.

Среди положительных моментов современных тенденций стоит отметить необходимость применения ЭД

взамен ДВС. По сравнению с ДВС ЭД обладают рядом неоспоримых преимуществ, таких как низкая стоимость производства и ремонта, межремонтный ресурс, а также существенно меньшие затраты на техническое обслуживание.

Необходимо определиться с технологией хранения энергии и ее высокоэффективного преобразования в электрическую на борту транспортного средства или другой энергоустановки.

Впервые перспективы применения метанола в глобальных масштабах описал лауреат Нобелевской премии по химии Джорж Олах [5]. В этой работе обсуждается использование метанола в качестве реальной альтернативы сокращающимся ресурсам ископаемых топлив. Авторы отмечают сохраняющуюся потребность в углеводородах и продуктах их переработки. В этой работе также проведен анализ недостатков водородной экономики. В качестве альтернативы водородной энергетике авторы предлагают энергетику метанола, которая включает производство метанола из углекислого газа промышленных выбросов в удобный жидкий метанол для использования в качестве топлива и сырья.

Воодушевляет положительный опыт китайских ученых и инженеров, которые создали и испытали беспилотный летательный аппарат (БПЛА) на метанольных ТЯ [6]. БПЛА FY-36 массой около 15 кг провёл в воздухе 12 ч, что подтверждает целесообразность и эффективность технологии.

Стационарные электрогенераторы на базе метанольных ТЯ электрической мощностью до 15 кВт производит компания Blue World Technologies в Дании [7]. Примеров реализации технологии таких метанольных ТЯ довольно много.

По сравнению с водородом метанольные ТЯ хоть обладают пока чуть меньшим КПД (до 60%), чем их водородные аналоги, однако метанол как топливо можно считать идеальным [8].

Метанол в нормальных условиях – это жидкость, по своим физическим свойствам близкая к традиционным углеводородным топливам (плотность  $0,7918\text{ г/см}^3$ , динамическая вязкость  $5,9 \times 10^{-4}\text{ Па}\cdot\text{с}$ , температура плавления  $-97^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $64,7^{\circ}\text{C}$ ), что существенно упрощает ее хранение и транспортировку.

Стоимостный анализ, проведенный авторами [9], свидетельствует о целесообразности применения такой технологии – электроустановок на метанольных топливных ячейках.

Одной из актуальных задач современной транспортной энергетики является определение уже не столько оптимального вида топлива для ТЯ, сколько экономически оправданной технологии его производства в глобальном масштабе. Под глобальными масштабами мы понимаем годовые объемы для нужд России до 50 млн т и более. В настоящее время в РФ производится около 4 млн т метанола, и он служит в основном сырьем для других химико-технологических производств.

Как мы уже упомянули выше, задача сводится в определении максимально эффективной технологии производства метанола. Под эффективностью понимаем ком-



плексный параметр, который включает в себя не только финансовые затраты на его производство, но и минимальное негативное влияние на окружающую среду.

Существуют различные способы производства метанола. Проведем их сравнительный анализ по стоимости.

В настоящее время большая часть метанола вырабатывается по технологии паровой конверсии из природного газа (65%) и угля (35%). Сам технологический процесс является энергозатратным, т.к. проходит при высоких температуре и давлении.

Метанол является ключевым продуктом в химической промышленности. В основном он используется как сырье для других химических производств, таких как выработка формальдегида, уксусной кислоты, пластмасс и др. Ежегодно в мире производится около 100 млн т метанола, из которых почти весь метанол вырабатывается из ископаемого топлива (природного газа или угля). Выбросы за весь жизненный цикл при производстве и использовании метанола в настоящее время составляют около 0,3 гигатонн  $\text{CO}_2$  в год (около 10% от общего объема выбросов). За последнее десятилетие производство метанола почти удвоилось, причем значительная доля этого роста приходится на Китай. При нынешних тенденциях производство может вырасти до 500 т в год к 2050 г., высвобождая 1,5 гигатонн  $\text{CO}_2$  ежегодно, если получать его исключительно из ископаемого топлива [10]. Такие масштабы загрязнения окружающей среды не могут не вызывать опасения и требовать поиска более экологических технологий.

Наиболее привлекательным «зеленым» (возобновляемым) способом является каталитическая реакция диоксида углерода, взятого из атмосферы, с водородом, выработанным электролизом воды с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Ранее мы проводили анализ возможности применения гидроэнергетики как ВИЭ для производства водорода [11]. Полученный таким образом водород может быть использован для производства метанола. В таком случае производство метанола будет являться возобновляемым термохимическим процессом, основную роль которого играют солнечное воздействие на массы воды и их перемещение из крупных водоемов в горные регионы, выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях и производство водорода и метанола. По сути, речь идет об имитации природного фотосинтеза.

Метанол, полученный по такой технологии – из углекислого газа и воды с использованием электричества, называется е-метанолом. Для этого обычно водород получают электролизом воды, который затем преобразуется с помощью углекислого газа в метанол. В настоящее время эффективность производства водорода электролизом воды из электричества составляет от 75 до 85% [12] с потенциалом увеличения до 93% до 2030 г. [13]. Таким образом, суммарная эффективность производства метанола из электричества и диоксида углерода составляет от 59 до 78%.

Для понимания оптимальной технологии производства метанола рассмотрим его стоимость в зависимости от источника углеводородного сырья.

Стоимость производства метанола на основе ископаемого топлива находится в диапазоне 100-250 дол. США за 1 т [14]. Возобновляемый метанол может быть произведен с использованием возобновляемой энергии и возобновляемого сырья двумя путями.

Биометанол производится из биомассы. Ключевое потенциальное устойчивое сырье из биомассы включает: лесные и сельскохозяйственные отходы и побочные продукты, биогаз со свалок, сточные воды, твердые бытовые отходы (ТБО) и черный щелок целлюлозно-бумажной промышленности. Зеленый е-метанол получают с использованием  $\text{CO}_2$ , получаемого из возобновляемых источников и экологически чистого водорода, то есть водорода, производимого с помощью возобновляемой электроэнергии. Ежегодно производится менее 0,2 млн т возобновляемого метанола, в основном в виде биометанола. Метанол, полученный любым способом, химически идентичен метанолу, полученному из источников ископаемого топлива.

Интерес к возобновляемому метанолу обусловлен необходимостью смягчения последствий изменения климата путем существенного сокращения или исключения выбросов  $\text{CO}_2$ , в частности, из-за растущего внимания к удержанию роста средней глобальной температуры не более чем на 1,5°C. Это подразумевает достижение чистых углеродно-нейтральных выбросов во всех секторах экономики к середине столетия. Метанол с низким уровнем выбросов мог бы играть большую роль в обезуглероживании определенных секторов, где возможности в настоящее время ограничены, особенно в качестве сырья в химической промышленности или в качестве топлива на автомобильном или морском транспорте.

Оценка стоимости производства метанола проведена в работе [15], где автор сравнивает различные технологии. По данным [15], в Европе средняя стоимость е-метанола 800-1100 евро за 1 т не может конкурировать с метанольной промышленностью на ископаемых источниках, таких как уголь, и текущей низкой ценой (300-400 евро за 1 т метанола). Обратим внимание на то, что в данной работе под е-метанолом автор понимает применение ВИЭ, таких как солнечная и ветроэнергетика.

По сравнению с фактической рыночной ценой метанола е-метанол стоит дороже, а его производство из водорода и углекислого газа как таковое не считается экономически целесообразным. Стоимость производства метанола из традиционного сырья, например угля или природного газа, варьируется в зависимости от географического расположения производства от 51 до 408 евро за 1 т [16]. Поэтому метанол, полученный из угля или природного газа, дешевле, чем любой процесс, основанный на ВИЭ.

В РФ стоимость метанола существенно ниже. Себестоимость производства одной тонны метанола из газа может составить 4670-6663 руб./1000 м<sup>3</sup> без НДС [17].

Сравнение стоимости производства метанола из угля и природного газа проведено в [18]. По затратам производства для различных видов сырья наиболее благоприятное положение занимает процесс на основе природного газа. Метанол на основе каменного угля стоит

все-таки на 44% дороже, чем метанол из природного газа. Использование угля для производства метанола обосновано его региональной доступностью.

Как следует из работы [15], производство е-метанола с помощью ВИЭ на базе солнечной энергии и ветрогенерации экономически нецелесообразно. Однако существуют другие виды ВИЭ, которые не нашли широкого применения в Европе.

Ранее мы проводили сравнение выработки тепловой энергии в зависимости от природы ее источника [11]. Анализ показывает существенно низкую стоимость энергии, генерируемой на гидроэлектростанциях РФ. Поскольку сам технологический процесс производства метанола является энергозатратным, то стоимость энергии определяет себестоимость производимого метанола.

В настоящее время рынок е-метанола все еще находится в зачаточном состоянии, а цены относительно высоки по сравнению с традиционными ископаемыми видами топлива, такими как бензин и дизельное топливо. По состоянию на 2021 г. стоимость производства одного литра е-метанола колебалась от 1,50 до 2,00 дол. США [19], что существенно превышает рыночную стоимость метанола, полученного традиционным способом из угля или природного газа.

Учитывая низкую стоимость электроэнергии на ГЭС в РФ для процесса электролиза воды [11], можно предположить, что стоимость 1 литра метанола на базе ВИЭ-гидроэнергетики составит около 0,007-0,01 дол. США.

Как следует из табл. 2, ВИЭ (солнечная и ветроэнергетика), активно развиваемые в Европе и Северной Америке, не могут составить конкуренцию традиционным технологиям производства метанола из угля и природного газа.

Рисунок демонстрирует существенно низкие затраты на производство е-метанола по сравнению с другими технологиями.

Вторым важным фактором для перехода на е-метанол является его полная экологичность. С одной стороны, это принципиально важно, что перспективная техноло-

Таблица 1

### Рыночная средняя стоимость метанола в разных регионах на 09.2023

The market average cost of methanol in different regions as of 09.2023

Регион	Цена за 1 т, евро
Европа	395
Северная Америка	516
Азиатско-Тихоокеанский регион	315
Китай	305

Источник: [16]

Таблица 2

### Стоимость производства метанола в зависимости от источника сырья и энергии, руб./т

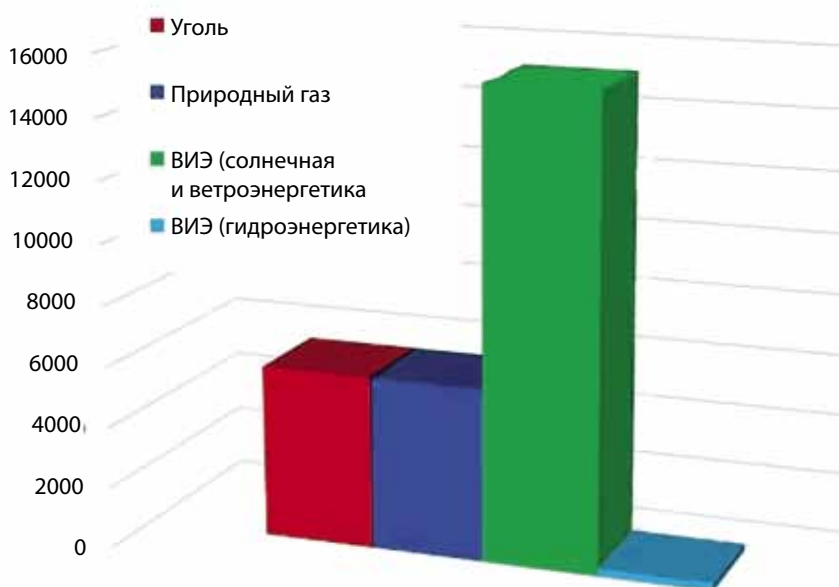
The cost of methanol production, depending on the source of raw materials and energy, rub./t

Источник сырья для производства метанола	Стоимость 1 т метанола, руб.
Уголь	7933
Природный газ	5666
ВИЭ (солнечная и ветроэнергетика)	15298
ВИЭ (гидроэнергетика)	226

гия будет поглощать углекислый газ из воздуха, с другой стороны, необходимо обеспечить постоянный приток CO<sub>2</sub>. Сам технологический процесс будет поглощать из окружающей среды углекислый газ, необходимый для производства метанола.

Однако, и при производстве е-метанола есть определенные технологические препятствия. Например, таковым является крайне низкая концентрация диоксида углерода в атмосфере (0,67%) [20], который необходим для выработки метанола из водорода.

Полезное использование улавливаемого углекислого газа для получения ценных продуктов может снизить затраты на технологии, направленные на снижение выбросов и утилизацию CO<sub>2</sub>. Подобные технологии могут



Стоимость производства метанола в зависимости от источника сырья и энергии, руб./т

The cost of methanol production, depending on the source of raw materials and energy, rub./t

рассматриваться как способ снижения затрат или увеличения прибыли компаний за счет сокращения выбросов или удаления CO<sub>2</sub> из атмосферы [21].

При низкой естественной концентрации CO<sub>2</sub> вблизи производства е-метанола, требуется обеспечить его наличие. Логичным будет формирование кластера производств около источника генерации ВИЭ на базе гидроэлектростанций: одна группа предприятий – с выделением CO<sub>2</sub>, другая группа предприятий – производство е-метанола с поглощением CO<sub>2</sub>.

## ВЫВОДЫ

В научно-исследовательской работе проведен анализ перспективных источников энергии и углеводородного топлива для воздушных и наземных транспортных систем и стационарных энергоустановок. Отмечено, что современные технологии, основанные на выработке электроэнергии посредством топливных ячеек, представляют значительный интерес как эффективный источник энергии. Применение топливных ячеек для питания электродвигателя позволяет существенно снизить массу топливной системы. Показано, что метанол является наиболее эффективным видом топлива для массового применения. Проведен анализ стоимости выработки метанола на базе различных источников сырья/энергии. Показано преимущество генерации метанола с помощью ВИЭ – гидроэлектростанций – е-метанола. Выявлена особенность производства е-метанола, позволяющая утилизировать вредные выбросы углекислого газа от других технологических процессов.

## Список литературы

1. Scholz und Macron brachten Verbrenner-Kompromiss auf den Weg. Spiegel. 25.03.2023. Verbrenner-Aus: Bundesregierung und EU-Kommission haben sich geeinigt. DER SPIEGEL.
2. 2022 Tesla Model 3 Long Range AWD. Specification. URL: [evspecifications.com](https://www.evspecifications.com) (дата обращения: 15.12.2023).
3. Краев В.М. Перспективы водородной энергетики в России // Московский экономический журнал. 2021. № 10.
4. Kraev V.M., Tikhonov A.I. Drone Propulsion System for Arctic Use // Russian Engineering Research. 2023. No 43(2). P. 211-214. DOI: 10.3103/S1068798X23030176.
5. George A. Olah, Alain Goepfert, G.K. Surya Prakash. Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy. Wiley. 2006. 290 p.
6. Стивен Чен. Китайские ученые создали метанольную батарею, которая удерживает дрон в воздухе в течение 12 часов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3042818/chinese-scientists-create-game-changer-methanol-battery-keeps> (дата обращения: 15.12.2023).
7. This is where we start, one generator at a time. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.blue.world/products/stationary-system/> (дата обращения: 15.12.2023).
8. A Technological, Economical and Efficiency Review of Direct Methanol Fuel Cell. 2018 / International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies – iCoMET 2018At / A. Aftab, A.F. Yasir, N.-U. Muhammad et al. Sukkur IBA University. March 2018. DOI: 10.1109/ICOMET.2018.8346445.
9. Cost Analysis of Direct Methanol Fuel Cell Stacks for Mass Production / F.S. Mauro, Z. Furio, B Orazio et al. // Energies. November 2016. No 9(12). DOI: 10.3390/en9121008.
10. Innovation. renewable methanol. Irena. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA\\_Innovation\\_Renewable\\_Methanol\\_2021.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf) (дата обращения: 15.12.2023).
11. Kraev V.M., Tikhonov A.I. (2023). Prospects for Hydrogen Power in Europe // Russian Engineering Research. 2023, Vol. 43, No 5. P. 618–620. DOI: 10.3103/S1068798X23050374.
12. Krayev V.M., Tikhonov A.I., Kuzmina-Merlino I. Perspectives for the Use of Hydrogen Energy in European Countries. Nature Environment and Pollution Technology. 2022. No 21(3). P. 1439–1444.
13. Report. Metaanalyse: Die Rolle erneuerbarer Gase in der Energiewende/ Agentur für Erneuerbare Energien. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3991.Metaanalyse\\_Erneuerbare\\_Gase\\_Kurzfassung\\_mr18.pdf](https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3991.Metaanalyse_Erneuerbare_Gase_Kurzfassung_mr18.pdf) (дата обращения: 15.12.2023).
14. Афанасьев В.Я., Краев В.М., Тихонов А.И. Перспективы углеводородной энергетики в России в условиях санкционного давления // Уголь. 2023. № 6. С. 43-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-43-47.
15. Christoph Hank. Techno-economic and environmental assessment of Power-to-Liquid processes Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr.-Ing. vorgelegt dem Rat der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 2020. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/356616759\\_Techno-economic\\_and\\_environmental\\_assessment\\_of\\_Power-to-Liquid\\_processes](https://www.researchgate.net/publication/356616759_Techno-economic_and_environmental_assessment_of_Power-to-Liquid_processes) (дата обращения: 15.12.2023).
16. About Methanol. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.methanex.com/about-methanol/pricing/> (дата обращения: 15.12.2023).
17. Войко Д.В., Берг А.Г. Оценка инвестиционной привлекательности реализации проекта по производству метанола в России // Вестник университета «Экономика и бизнес». 2020. № 6. С. 129-135.
18. Мокриенко П.В. Комплексная оценка экономической эффективности переработки бурых углей Приморского края в метанол // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 10-1. С. 55-59.
19. E-Methanol price. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.indexbox.io/search/e-methanol-price/> (дата обращения: 15.12.2023).
20. Борисов М.Г. Роль и место метанола в энергетическом переходе // Восточная аналитика. 2022. № 13(4). С.113–125.
21. Оценка себестоимости потенциальной технологии утилизации CO<sub>2</sub> с генерацией экологически чистых энергоносителей в сравнении с существующими технологиями утилизации / Ч.А. Гарифуллина, И.М. Индрупский, И.И. Ибрагимов и др. // Socar Proceedings Special Issue. 2022. No 2. P. 001-012.

Original Paper

UDC 662.6/8:662.66.04 © V.Ya. Afanasiev, V.M. Kraev, A.I. Tikhonov, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 37-42  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-37-42>

**Title****ANALYSIS OF PROMISING HYDROCARBON FUEL PRODUCTION SOURCES****Authors**

Afanasiev V.Ya.<sup>1</sup>, Kraev V.M.<sup>2</sup>, Tikhonov A.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State University of Management, Moscow, 109542, Russian Federation

<sup>2</sup> Moscow Aviation Institute, Moscow, 125080, Russian Federation

**Authors Information**

**Afanasiev V.Ya.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Economics and Management in the Fuel and Energy Sector, e-mail: [vy\\_afanasyev@guu.ru](mailto:vy_afanasyev@guu.ru)

**Kraev V.M.**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Human Resources Management Department, e-mail: [kraevvm@mail.ru](mailto:kraevvm@mail.ru)

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

**Abstract**

The article discusses promising engines for systems of various purposes, e.g. aviation, ground transportation, stationary power systems. Hydrocarbon fuels are analyzed for such systems. It is shown that methanol has indisputable advantages. Various sources of methanol production are considered based on modern technologies of its production. It is revealed that methanol production from coal is the most reasonable option in modern economic conditions. At the same time, a promising technology of methanol production is its yield from hydrogen obtained by electrolysis using hydropower.

**Keywords**

Hydrocarbon fuels, Methanol, Hydropower-based electrolysis, CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions, Methanol generation, E-methanol.

**References**

- Scholz and Macron brachten Verbrenner-Kompromiss auf den Weg. Spiegel. 25.03.2023. Verbrenner-Aus: Bundesregierung und EU-Kommission haben sich geeinigt. DER SPIEGEL.
- 2022 Tesla Model 3 Long Range AWD. Specification. Available at: [evspecifications.com](https://evspecifications.com) (accessed 15.12.2023).
- Kraev V.M. Prospects for hydrogen energy in Russia. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal*, 2021, (10).
- Kraev V.M. & Tikhonov A.I. Drone Propulsion System for Arctic Use. *Russian Engineering Research*, 2023, 43(2), pp. 211-214. DOI: 10.3103/S1068798X23030176.
- George A. Olah, Alain Goeppert & G.K. Surya Prakash. *Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy*. Wiley, 2006. 290 p.
- Stephen Chen. Chinese scientists create 'game-changer' methanol battery that keeps drone in the air for 12 hours. [Electronic resource]. Available at: <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3042818/chinese-scientists-create-game-changer-methanol-battery-keeps> (accessed 15.12.2023).
- This is where we start, one generator at a time. [Electronic resource]. Available at: <https://www.blue.world/products/stationary-system/> (accessed 15.12.2023).
- Aftab A., Yasir A.F., Muhammad N.-U. & Sikander Kh. A Technological, Economical and Efficiency Review of Direct Methanol Fuel Cell. 2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies – iCoMET 2018At: Sukkur IBA University. March 2018. DOI: 10.1109/ICOMET.2018.8346445.
- Mauro F.S., Furio Z., Orazio B. & Schuster M. Cost Analysis of Direct Methanol Fuel Cell Stacks for Mass Production. *Energies*, November 2016, 9(12). DOI: 10.3390/en9121008.
- Innovation. renewable methanol. Irena. ISBN 978-92-9260-320-5. [Electronic resource]. Available at: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA\\_Innovation\\_Renewable\\_Methanol\\_2021.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf) (accessed 15.12.2023).
- Kraev, V.M. & Tikhonov, A.I. (2023). Prospects for Hydrogen Power in Europe. *Russian Engineering Research*, 2023, Vol. 43, (5), pp. 618-620. DOI: 10.3103/S1068798X23050374.
- Krayev V.M., Tikhonov A.I. & Kuzmina-Merlino I. Perspectives for the Use of Hydrogen Energy in European Countries. *Nature Environment and Pollution Technology*, 2022, 21(3), pp. 1439–1444.
- Report. Metaanalyse: Die Rolle erneuerbarer Gase in der Energiewende/ Agentur für Erneuerbare Energien. [Electronic resource]. Available at: [https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3991.Metaanalyse\\_Erneuerbare\\_Gase\\_Kurzfassung\\_mrz18.pdf](https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3991.Metaanalyse_Erneuerbare_Gase_Kurzfassung_mrz18.pdf) (accessed 15.12.2023).
- Afanasiev V.Ya., Kraev V.M. & Tikhonov A.I. Prospects for hydrocarbon energy in Russia under sanctions ressure. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 43-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-43-47.
- Christoph Hank. Techno-economic and environmental assessment of Power-to-Liquid processes Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr.-Ing. vorgelegt dem Rat der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 2020. [Electronic resource]. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/356616759\\_Techno-economic\\_and\\_environmental\\_assessment\\_of\\_Power-to-Liquid\\_processes](https://www.researchgate.net/publication/356616759_Techno-economic_and_environmental_assessment_of_Power-to-Liquid_processes) (accessed 15.12.2023).
- About Methanol. [Electronic resource]. Available at: <https://www.methanex.com/about-methanol/pricing/> (accessed 15.12.2023).
- Voyko D.V. & Berg A.G. Valuation of investment attractiveness of the project for the production methanol in Russia. *Vestnik universiteta Ekonomika i biznes*, 2020, (6), pp. 129-135. (In Russ.).
- Mokrienko P.V. Complex assessment of economic efficiency of processing of brown coals of Primorsky Krai in methanol. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamenta'lnyh issledovanij*, 2013, (10-1), pp. 55-59. (In Russ.).
- E-Methanol price. [Electronic resource]. Available at: <https://www.idxbox.io/search/e-methanol-price/> (accessed 15.12.2023).
- Borisov M.G. The role and place of methanol in energy transition. *Vostochnaya analitika*, 2022, (4), pp. 113-125. (In Russ.).
- Garifullina Ch.A., Indrupsky I.M., Ibragimov I.I. & Drozdov A.N. Cost estimation of a potential CO<sub>2</sub> utilization technology with generation of environmentally clean energy carriers as compared to existing utilization technologies. *Socar Proceedings Special Issue*, 2022, (2), pp. 001-012. (In Russ.).

**For citation**

Afanasiev V.Ya., Kraev V.M. & Tikhonov A.I. Analysis of promising hydrocarbon fuel production sources. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 37-42. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-37-42.

**Paper info**

Received October 31, 2023

Reviewed November 13, 2023

Accepted December 7, 2023

# Актуализация информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям в области добычи и обогащения угля. Система показателей наилучших доступных технологий

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-43-50>

На протяжении последнего десятилетия наилучшие доступные технологии (НДТ) стали неотъемлемой частью экологически ориентированного развития промышленного производства как в мире, так и в Российской Федерации. На первый план выходит необходимость научно обоснованного подхода при разработке и актуализации информационно-технических справочников по НДТ (ИТС). Необходимо иметь релевантные показатели при проведении различного рода оценок в области НДТ. В статье проведен анализ процесса актуализации ИТС в области добычи и обогащения угля, в том числе в части определения показателей НДТ. Подчеркнута значимость отраслевых особенностей, влияющих на выбор маркерных веществ для выбросов и сбросов, а также влияющих на иные показатели НДТ и их уровень.

**Ключевые слова:** наилучшие доступные технологии, добыча и обогащение угля, экология, технологические показатели, ресурсная и энергетическая эффективность, индикативные показатели, выбросы парниковых газов, информационно-технический справочник.

**Для цитирования:** Актуализация информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям в области добычи и обогащения угля. Система показателей наилучших доступных технологий / И.В. Петров, И.С. Курошев, А.С. Курчакова и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 43-50. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-43-50.

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях трансформации мировой экономики в направлении низкоуглеродного развития возникает вопрос о роли угля как энергоносителя и сырья для промышленности [1]. Даже в условиях текущего процесса мирового энергоперехода роль угля как базового энергоносителя не снижается, но обостряются требования к степени снижения негативного воздействия угледобывающего производства на окружающую среду [2]. Инструментом стимулирования модернизации и роста производства при соблюдении экологических требований в настоящее время выступают ме-

## ПЕТРОВ И.В.

Доктор экон. наук, профессор,  
заместитель декана  
факультета экономики и бизнеса  
Финансового университета  
при Правительстве  
Российской Федерации,  
125167, г. Москва, Россия

## КУРОШЕВ И.С.

Начальник отдела металлургической,  
нефтегазовой и горнорудной  
промышленности  
Научно-исследовательского института  
«Центр экологической  
промышленной политики»,  
141006, г. Мытищи, Россия,  
e-mail: i.kuroshev@eipc.center

## КУРЧАКОВА А.С.

Главный инженер отдела  
металлургической, нефтегазовой  
и горнорудной промышленности  
Научно-исследовательского института  
«Центр экологической  
промышленной политики»,  
141006, г. Мытищи, Россия,  
e-mail: a.kurchakova@eipc.center

**ГРИГОРЬЕВ А.В.**

Руководитель департамента ТЭК АНО «Институт проблем естественных монополий», 127473, г. Москва, Россия, e-mail: ag@ipem.ru

**ШКАРУПА А.А.**

АНО «Институт проблем естественных монополий», 127473, г. Москва, Россия, e-mail: shkarupa@ipem.ru

ханизмы перехода на наилучшие доступные технологии. Информационно-технические справочники по НДТ (Справочники) являются инструментами реализации экологической промышленной политики Российской Федерации. Справочники имеют стандартизированную структуру, что позволяет техническим рабочим группам при их разработке (актуализации) соблюдать единый подход.

ИТС выступают в роли основополагающих документов в эколого-технологическом нормировании предприятий на принципах наилучших доступных технологий и содержат перечни НДТ и перспективных технологий, а также перечни маркерных показателей.

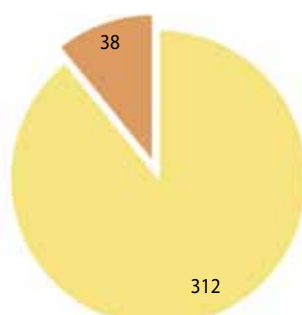
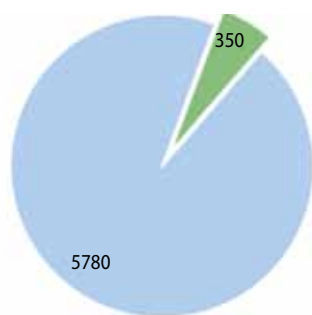
Направления применения механизма НДТ постоянно расширяются, помимо комплексных экологических разрешений критерий обязательного соответствия НДТ используется при рассмотрении программ по модернизации предприятий (программ повышения экологической эффективности), при осуществлении мер государственной поддержки, для подтверждения выполнения принятых обязательств по международным конвенциям и так далее.

Расширение областей применения и универсальность НДТ повлекли за собой дополнение Справочников новыми структурными элементами.

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ИТС НДТ**

ИТС «первого поколения» (2015–2017 гг.) в большей степени были ориентированы на экологическую составляющую перехода предприятий на принципы НДТ. ИТС содержали только перечни маркерных веществ и технологических показателей для выбросов и сбросов, которые в последующем утверждались приказами Минприроды России. Данный вид показателей применяется при получении предприятиями комплексных экологических разрешений (далее – КЭР) – обязательных разрешений на осуществление экономической деятельности для объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, I категории (Объекты)<sup>1</sup>.

В соответствии с нормой закона предприятиям I категории необходимо перейти на принципы НДТ (получить КЭР) до 1 января 2025 г. Объекты по добыче и обогащению угля относятся к I категории экологической опасности, и к ним предъявляется требование перехода на НДТ. Угольная отрасль характеризуется деятельностью порядка 350 объектов I категории, что составляет около 6% от их общего числа в России. При этом комплексное экологическое разрешение в настоящее время получили только 38 предприятий по добыче и обогащению угля (см. рисунок).



- Объекты ОНВ I категории
- Объекты по добыче и обогащению угля
- Объекты по добыче и обогащению угля (не получили КЭР)
- Объекты по добыче и обогащению угля (получили КЭР)

Статистика КЭР по объектам в области добычи и обогащения угля (составлено авторами на основе статистических данных открытых источников)  
 Statistics on comprehensive environmental permits for coal mining and processing facilities (compiled by the authors based on open source statistics)

Учитывая, что цель экологической промышленной политики заключается в повышении ресурсо- и энергоэффективности при одновременном сокращении негативного воздействия производства на окружающую среду и здоровье населения [3], стала очевидна необходимость дополнения ИТС показателями, которые отражали бы удельное потребление материальных, сырьевых и энергетических ресурсов, необходимых для реализации технологических процессов в целях производства определенного вида продукции – показатели ре-

<sup>1</sup> № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

сурсной и энергетической эффективности. При этом экономия ресурсов не подразумевает снижение безопасности производства и производственной эффективности, которые должны анализироваться и моделироваться, исходя из влияния ресурсных факторов [4].

В рамках исполнения поручений Президента от 16.09.2020<sup>2</sup> в части достижения целей по сокращению потребления природных ресурсов и повышению уровня вовлечения отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья в национальный документ по стандартизации, определяющий структуру ИТС<sup>3</sup>, внесены поправки. Справочники должны учитывать развитие экономически доступных технологий альтернативной переработки угля и обращения с отходами [5]. Поэтому с 2020 г. приложение ИТС НДТ «Ресурсная и энергетическая эффективность» должно содержать, в том числе, уровни потребления основных видов ресурсов и энергии, а также целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности [6]. При актуализации ИТС с 2021 г. проводится работа по определению такого вида показателей, которые содержатся в отдельном приложении к ИТС.

В 2021 г. новый импульс получила тема глобального энергетического перехода, поставлена задача декарбонизации российской промышленности и разработки плана мероприятий по обеспечению энергоперехода. Поставлена цель достижения «климатической нейтральности» Российской Федерации, т.е. нулевого баланса (нетто-выбросы) парниковых газов к 2060 г. При этом следует учитывать, что ключевой задачей, обозначенной в Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г., остается обеспечение конкурентоспособности промышленного производства и устойчивого экономического роста Российской Федерации в условиях глобального энергоперехода и усиливающегося санкционного давления<sup>4</sup>.

Внедрение наилучших доступных технологий, повышение ресурсной эффективности производства и доли вовлечения вторичных ресурсов в экономический оборот являются одними из основных мероприятий при решении задач по декарбонизации в рамках реструктуризации отраслей реального сектора экономики. В рамках развития концепции НДТ в условиях энергоперехода принято решение о включении в ИТС индикативных показателей выбросов парниковых газов (ПГ). Помимо этого, ИТС содержат описание отрасли с точки зрения ее углеродоемкости, а также информацию по основным мероприятиям и направлениям по снижению выбросов парниковых газов.

<sup>2</sup> Перечень поручений Президента Российской Федерации по результатам проверки исполнения положений законодательства об обращении с отходами производства и потребления, отнесенными к III классу опасности от 16 сентября 2020 г. Пр-1489.

<sup>3</sup> ГОСТ Р 113.00.03-2019 «Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника».

<sup>4</sup> Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р).

Таким образом, по мере развития концепции НДТ Справочники дополнялись видами показателей, которые применяются в различных производственно-экологических конструкциях:

1. Технологические показатели по выбросам и сбросам маркерных веществ;
2. Целевые показатели ресурсной эффективности;
3. Индикативные показатели по выбросам парниковых газов.

При этом показатели ресурсной эффективности в перспективе необходимо рассматривать как основополагающие, так как они прямо или косвенно влияют на большинство показателей НДТ. Следовательно, в концепции НДТ фундаментальным аспектом является модернизация основной технологии производства с целью повышения ее ресурсной и энергетической эффективности.

### Актуализация ИТС НДТ 37 «Добыча и обогащение угля»

В соответствии с поэтапным графиком актуализации Справочников [7] в 2023 г. проводится актуализация принятого в 2017 г. ИТС НДТ, действие которого распространяется на виды хозяйственной деятельности в области добычи и обогащения угля (ИТС 37-2017 «Добыча и обогащение угля») [8]:

- добыча угля, включая добычу каменного угля, антрацита и бурого угля (лигнита);
- обогащение угля (как отдельный производственный процесс).

Также в ИТС приводится информация по дополнительным видам деятельности, являющимся неотъемлемой частью технологического процесса:

- хранение, перевалка и транспортировка угля в границах территории промышленной площадки;
- дробление, очистка, сушка, брикетирование, сортировка и прочие подготовительные и сопутствующие операции на этапах добычи и обогащения угля.

Актуализация ИТС направлена на решение следующих задач:

- анализ и уточнение перечня наилучших доступных технологий;
- анализ и уточнение маркерных вещества и технологических показателей;
- внесение сведений о новых технологиях;
- определение целевых показателей ресурсной и энергетической эффективности;
- установление индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов.

В рамках работы по актуализации ИТС проведен анализ отрасли посредством анкетирования. Охват отрасли составил более 70% по объемам добычи и производства, что позволяет сделать вывод о репрезентативности данных для проведения оценки.

Для получения сопоставимых данных и исключения различного понимания состава объектов технологического нормирования на этапе сбора данных были определены границы соответствующих производственных (технологических) процессов, для которых устанавливаются показатели (табл. 1).

**Границы технологических процессов для установления показателей НДТ**

Boundaries of technological processes for defining the best available technology (BAT) indicators

Технологический процесс	Подпроцессы в рамках технологического процесса (границы процесса)
Добыча угля подземным способом	Проведение горных выработок: выемка; буровзрывные работы (бурение, зарядание, взрывание); возведение крепи, наращивание транспортных устройств и коммуникаций; погрузка и транспортировка горной массы; отвалообразование. Выемка угля из очистного забоя: подъемно-транспортные работы (в забое, по горным выработкам и на поверхности); складирование и отгрузка угля; пыление отвалов, установки газоочистки, дегазация, водоотлив
Добыча угля открытым способом	Вскрышные работы, включая: буровзрывные работы, механическое рыхление или гидравлическое разрушение: выемочно-погрузочные работы (экскавация), транспортировка горной массы и отвалообразование; перемещение карьерных грузов. Экскавация угля из забойной зоны; транспортировка в пределах карьера и на поверхности; складирование и отгрузка угля, пыление отвалов, водоотлив
Обогащение угля	Прием угля и разгрузка (ж/д вагонов, конвейеров, а/транспорта); подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, классификация, обесшламливание угля); обогащение (гравитационное, флотация, электрическая сепарация, специальные методы обогащения); вспомогательные процессы: обезвоживание (дренирование, центрифугирование, сгущение, фильтрация, сушка); брикетирование и окисление угля; установки газоочистки, складирование и отгрузка угольного концентрата и промпродукта

Источник: составлено авторами по данным ИТС НДТ 37 «Добыча и обогащение угля».

**Актуализация перечня НДТ**

При актуализации ИТС 37 определение НДТ осуществлялось в соответствии с обновленными Методическими рекомендациями по определению технологии в качестве НДТ [9]. Основными критериями при определении НДТ в России остаются:

- наименьший удельный уровень негативного воздействия на окружающую среду;
- экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов.

Стоит отметить, что один из приоритетных критериев отнесения технологии к НДТ – внедрение на двух и более предприятиях – отличается от подхода в европейской системе справочников НДТ [10], который не учитывает освоенность технологии на предприятиях в качестве критерия. Так, при актуализации справочника часть технологий была отнесена к категории перспективных технологий, так как не было выявлено необходимого количества предприятий, освоивших технологию.

Учитывая, что технологическая схема добычи угля во многом зависит от горно-геологических условий месторождений, различия которых могут существенно влиять на применяемые технологии, при рассмотрении технологии в качестве НДТ учитывались связанные с этим ограничения и возможность применения конкретных технологий. Например, добавленную при актуализации ИТС 37 НДТ «Улавливание и утилизация шахтного метана» целесообразно применять только в условиях метанообильных угольных пластов, при других условиях технология перестает соответствовать как критерию экономической эффективности внедрения технологии, так и уровню влияния на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

При актуализации справочника значительно был расширен перечень НДТ как за счет перехода некоторых перспективных технологий в категорию НДТ (в результате освоения технологии предприятиями угольной отрасли), так и за счет включения новых технологий, информа-

ция об использовании которых была предоставлена на этапе сбора данных.

В ИТС НДТ 37 – 2017 представлено 23 НДТ, в актуализированной версии 2023 г. содержится 39 НДТ. Из 16 технологий, добавленных в перечень НДТ, 11 переведены из перечня перспективных технологий. Это свидетельствует о том, что эти технологии были освоены предприятиями угольной промышленности за период с 2017 г. Также в перечень НДТ включено пять новых технологий, не отраженных в ИТС НДТ 37 – 2017.

Основная часть добавленных НДТ относится к технологиям, направленным на минимизацию негативного воздействия на атмосферный воздух – 9 НДТ. Также были добавлены: технологии, направленные на управление отходами – 4 НДТ; технологии в области рекультивации земель – 3 НДТ.

Перечень перспективных технологий дополнен новыми технологиями, данные об освоении которых были предоставлены в анкетах предприятий угольной промышленности или отобраны по результатам анализа международного опыта, информации о проведении опытно-промышленных испытаний инновационных технологий.

Помимо этого, при актуализации справочника некоторые НДТ и перспективные технологии в части управления отходами были скорректированы в соответствии с последними поправками в ФЗ «О недрах» [11] и ФЗ «Об отходах производства и потребления» [12].

**Установление показателей ресурсной эффективности**

При актуализации ИТС НДТ 37 учтен более широкий охват предприятий, предоставивших данные о потреблении ресурсов, что позволило скорректировать значения, установленные в первой редакции ИТС НДТ 37 – 2017. Например, целевые значения по потреблению электроэнергии и свежей воды при добыче подземным способом сократились примерно в два раза, при открытой добыче доля потребления электроэнергии сократилась на чет-



верть, а доля потребления свежей воды при открытой добыче, напротив, выросла.

Сокращение расхода ресурсов достигается главным образом за счет оптимизации технологических процессов, применения более энергоэффективного оборудования, организации системы учета потребления энергоресурсов.

### Актуализация технологических показателей выбросов и сбросов, соответствующих НДТ

По результатам анализа представленных предприятиями отрасли сведений, полученных в рамках анкетирования, технической рабочей группой принято решение об установлении технологических показателей по выбросам маркерных веществ в атмосферный воздух для производственных процессов, ранее определенных в табл. 1.

Технологические показатели НДТ выбросов устанавливаются для следующих маркерных веществ (наименования приводятся в соответствии с [13]):

- пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20–70, а также более 70 процентов;
- пыль каменного угля.

Технической рабочей группой принято решение о целесообразности установления суммарного показателя для указанных выше маркерных веществ, т.к. процентное распределение данных маркерных веществ в составе выбросов предприятий отрасли различно, при этом оба вещества являются характерными.

К другим характерным загрязняющим веществам (ЗВ), содержащимся в выбросах предприятий, осуществляющих добычу угля открытым и подземным способом, относятся азота оксиды, углерода оксид и серы диоксид. Величина выброса данных ЗВ определяется прежде всего выбросами, обусловленными сжиганием топлива в двигателях внутреннего сгорания транспортных средств и силовых установок, ограничение выбросов которых относится к сфере технического регулирования [14], в связи с чем они не подлежат технологическому нормированию и не устанавливаются в качестве маркерных в рассматриваемом ИТС.

В настоящее время показатели НДТ выбросов маркерных веществ для процессов добычи установлены в виде удельных показателей выбросов г/т добытого угля [15]. В связи с возможными существенными различиями доли добытого угля в общем объеме добываемой горной массы в зависимости от этапа разработки месторождения, что особенно характерно для открытого способа добычи, технологический показатель НДТ выбросов маркерных веществ устанавливается в виде удельного показателя выбросов, отнесенного к объему добываемой горной массы (включающей добытый уголь, вскрышные и вмещающие породы), что позволяет нивелировать различия и приводит к унификации показателя.

Технологические показатели для процесса обогащения угля устанавливаются в виде удельных показателей выбросов, г/т обогащенного угля.

По результатам анализа представленных сведений, полученных в рамках анкетирования предприятий отрасли в 2023 г., принято решение об установлении технологических показателей НДТ маркерных веществ в сбросах

водные объекты для следующих производственных процессов:

- добыча угля открытым способом;
- добыча угля подземным способом.

Для технологий обогащения угля характерно наличие замкнутого цикла, сброс в водные объекты осуществляется на единичных объектах, в связи с чем установление технологических показателей НДТ по данному производственному процессу представляется нецелесообразным.

Определены следующие критерии выбора маркерных веществ в сбросах в водные объекты:

- характеризуют технологию;
- имеют существенный вклад в суммарную приведенную массу сброса, определяемую по формуле (1):

$$MC_{\text{пр}i} = MC_i \times \frac{ПДК_{\text{рхУЗВ}}}{ПДК_{\text{рх}i}}, \quad (1)$$

где:  $MC_{\text{пр}i}$  – приведенная масса сброса  $i$ -го маркерного (загрязняющего) вещества (т у.з.в./год);  $MC_i$  – масса сброса  $i$ -го маркерного (загрязняющего) вещества, т/год;  $ПДК_{\text{рхУЗВ}}$  – предельно допустимая концентрация условного загрязняющего вещества, принятая равной 1 мг/дм<sup>3</sup>;  $ПДК_{\text{рх}i}$  – предельно допустимая концентрация для водоемов рыбохозяйственного назначения  $i$ -го маркерного (загрязняющего) вещества, мг/дм<sup>3</sup>.

В связи с отсутствием прямой связи объемов и массы сбросов с объемами добычи и, как следствие, с невозможностью корректного соотнесения массы сброса загрязняющих веществ с объемом выпускаемой продукции технологические показатели маркерных веществ устанавливаются в виде среднегодовой концентрации (с целью минимизации влияния на показатель сезонных колебаний концентраций ЗВ), мг/дм<sup>3</sup>.

Отмечается, что в рамках анализа данных по предприятиям отрасли наблюдались значительные диапазоны сбросов, подтвержденных обосновывающими материалами (экологической документацией), для различных предприятий. Проведенный анализ позволил выявить основные факторы, влияющие на сброс загрязняющих веществ:

1. Факторы, обусловленные горно-геологическими условиями: крепость и состав пород, коэффициент вскрыши, стадия отработки (размер и глубина карьера, размер отвалов), уровень обводненности месторождения.
2. Факторы, обусловленные геолого-географическими условиями: климатическая зона, плечи транспортировки горной массы/угля от карьера/шахты до отвалов, складов и т.д.
3. Технологические факторы: используемое оборудование, применяемые средства пылегазоподавления для различного оборудования и процессов.
4. Иные факторы: особенности постановки на учет объектов (отвалы и склады могут быть поставлены на учет отдельно от объекта добычи и т.п.).

### Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов

Косновным парниковым газом, эмиссия которых осуществляется в процессе добычи угля, относятся метан и углекислый газ. В рамках актуализации ИТС 37 проведен бенч-

маркинг предприятий отрасли с целью установления индикативных показателей выбросов парниковых газов (ПГ).

Для расчета интенсивности выбросов ПГ в целях определения бенчмарков производства продукции (добытого и обогащенного угля) принята единая методика на основании методических подходов, описанных в существующих национальных нормативно-методических документах, международных руководящих документах и документах стандартизации в области низкоуглеродного развития.

Методика учитывает прямые выбросы ПГ от производственного процесса, а также выбросы, связанные с производством электрической и тепловой энергии, используемой в производственном процессе. Методика разработана для целей установления индикативных показателей выбросов парниковых газов отдельных производственных процессов и позволяет провести сравнительный анализ (бенчмаркинг) производственных процессов отрасли.

Выбросы определяются за один полный календарный год.

### Расчет интенсивности выбросов ПГ (бенчмарк) для производства продукции

Расчет удельных выбросов ПГ для производства продукции выполняется по формуле (2):

$$I_{ПГ} = E_{ПГ,прям.} + E_{ПГ,электр.} + E_{ПГ,тепл.} \quad (2)$$

где:  $I_{ПГ}$  – интенсивность выбросов ПГ (бенчмарк) для производства определенного вида, т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции;  $E_{ПГ,прям.}$  – удельные прямые выбросы ПГ в границах производственного процесса, т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции;  $E_{ПГ,электр.}$  – удельные выбросы ПГ, связанные с электроэнергией, т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции;  $E_{ПГ,тепл.}$  – удельные выбросы ПГ, связанные с тепловой энергией, т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции.

Удельные выбросы ПГ определяются как валовые выбросы ПГ, отнесенные к объему основной произведенной продукции для каждого производственного процесса.

Расчет удельных прямых выбросов ПГ в границах производственного процесса выполняется согласно методике количественного определения объемов выбросов ПГ [16] для следующих категорий источников:

– стационарное сжигание газообразного, жидкого и твердого топлива;

– сжигание топлива передвижными источниками (транспорт).

На основании полученных результатов отраслевого бенчмаркинга и построенных кривых бенчмаркинга для производственных процессов отрасли устанавливаются индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов двух уровней:

1. Верхний уровень индикативного показателя (ИП 1) определяется по формуле (3):

$$I_{ИП1} = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times 0,15. \quad (3)$$

2. Нижний уровень индикативного показателя (ИП 2) – может использоваться при принятии решений о государственной поддержке и определяется по формуле (4):

$$I_{ИП2} = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times 0,60, \quad (4)$$

где:  $I_{max}$  – максимальный удельный показатель выбросов CO<sub>2</sub>-экв., т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции;  $I_{min}$  – минимальный удельный показатель выбросов CO<sub>2</sub>-экв., т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции.

Выбросы метана при установлении индикативных показателей не учитываются, т.к. характеризуют не технологию, а степень газоносности шахт. Величина выбросов метана определяется требованиями промышленной безопасности и не должна регулироваться ограничительными показателями. При актуализации ИТС НДТ 37 сведения о величине удельных выбросов метана как парникового газа приводятся в качестве справочной информации.

Ключевые изменения ИТС НДТ 37 «Добыча и обогащение угля», представленные во второй редакции справочника (ИТС НДТ 37 – 2023), включают в себя ряд важных поправок (табл. 2).

Основные изменения заключались в дополнении ИТС НДТ новыми видами показателей, актуализации установленных ранее показателей, обновлении перечня НДТ и перспективных технологий. Предложения по актуализации ИТС были сформированы на основе анализа текущего состояния отрасли, а также отраслевого бенчмаркинга,

Таблица 2

### Сравнение ИТС НДТ 37 – 2017 и ИТС НДТ 37 – 2023

Comparison of ITS BAT 37 – 2017 and ITS BAT 37 – 2023

ИТС НДТ 2017	ИТС НДТ 2023
<b>Технологические показатели</b>	
Установлены	Изменены подходы к определению показателей: Для выбросов ЗВ. Удельный показатель определен на горную массу; Для сбросов ЗВ. Показатель установлен в мг/м <sup>3</sup>
<b>Показатели ресурсной эффективности</b>	
Установлены	По результатам анализа отрасли актуализированы значения показателей
<b>Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов</b>	
Не установлены	Установлены по результатам отраслевого бенчмаркинга. В ИТС приведена подробная методика расчета
<b>НДТ, перспективные технологии</b>	
Определены	Актуализированы по результатам анализа отрасли. Часть перспективных технологий внесена в перечень НДТ
<b>Границы процессов, в рамках которых определены показатели</b>	
Описание отсутствует	Приведено четкое описание границ технологических процессов, в рамках которых следует производить расчет показателей НДТ для различных целей (получение КЭР, меры гос. поддержки и иные цели)

Источник: составлено авторами по данным ИТС НДТ 37 «Добыча и обогащение угля».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Концепция НДТ с момента внесения изменений в законодательство в части перехода предприятий I категории на технологическое нормирование претерпела значительные изменения и рассматривается уже не только с экологической точки зрения, но и как механизм, направленный на формирование конкурентоспособной промышленности, применяющей современные технологии, отличающиеся высоким уровнем ресурсной и энергетической эффективности.

Данное обстоятельство повлекло за собой принятие ряда изменений в ИТС НДТ 37-2017, необходимых для более комплексного и всестороннего подхода к внедрению НДТ.

При актуализации ИТС НДТ «Добыча и обогащение угля» уточнены технологические показатели, а также определены целевые показатели ресурсной эффективности и индикативные показатели выбросов парниковых газов в соответствии с подходами, описанными в данной статье, проведен анализ применяемых в настоящее время в отрасли НДТ и перспективных технологий.

Изменения перечня НДТ и перспективных технологий, фиксируемые при актуализации справочника за период с 2017 г. (с момента утверждения первой версии ИТС НДТ 37), свидетельствуют о высоком темпе развития угольной отрасли, технологического обновления и внедрения новых технологий, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду, а также на снижение потребления ресурсов.

## Список литературы

1. Мантуров Д.В. Устойчивый экономический рост: аспекты гармонизации промышленной и экологической политики России // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т.11. № 4. С. 132-140.
2. Иванов Н.А., Сарычев А.Е., Стоянова И.А. Роль угля в мировом энергопереходе // Горная промышленность. 2023. № 4. С. 102-108. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-4-102-108.
3. Рахманов М.Л., Курошев И.С., Курчакова А.С. Показатели ресурсной и энергетической эффективности в информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям в области черной металлургии // Стандарты и качество. 2021. № 10. С. 54-57.
4. Tolstykh T., Savon D., Safronov A. Methods and Models for Analysis the Effectiveness of Industrial Enterprises // Vision. 2020. № 2018. С. 7710.
5. Savon D.Y., Zhaglovskaya A.V. Technologies of Alternative Coal Conversion and Waste Management: General Aspects of Economic Expediency // Eurasian Mining. 2019. № 1. С. 31-33. DOI: 10.17580/em.2019.01.07.
6. Доброхотова М.В. Особенности перехода российской угольной промышленности к наилучшим доступным технологиям // Уголь. 2022. № 9. С. 34-40. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-34-40.
7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 июня 2022 г. № 1537-п «Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».
8. ИТС 37 «Добыча и обогащение угля» (утвержден приказом Росстандарта от 15.12.2017 № 2841 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Добыча и обогащение угля»).
9. Приказ Минпромторга России от 23.08.2019 № 3134 «Об утверждении методических рекомендаций по определению технологий в качестве наилучшей доступной технологии».
10. Best Available Techniques Reference Document for the Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.
11. Федеральный закон от 14.07.2022 № 343-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
12. Федеральный закон от 22.05.1998 № 89 «Об отходах производства и потребления» (с изменениями на 04.08.2023).
13. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 г. № 1316-п «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды».
14. Технический регламент Таможенного союза № 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (с изменениями на 21.06.2019).
15. Приказ Минприроды России от 25.03.2019 № 190 «Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий добычи и обогащения угля»».
16. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов».

Original Paper

UDC 504.064.4:622.33:622.7 © I.V. Petrov, I.S. Kuroshev, A.S. Kurchakova, A.V. Grigorjev, A.A. Shkarupa, 2024  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 43-50  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-43-50>

## Title

**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**

## Author

Petrov I.V.<sup>1</sup>, Kuroshev I.S.<sup>2</sup>, Kurchakova A.S.<sup>2</sup>, Grigorjev A.V.<sup>3</sup>, Shkarupa A.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation. Moscow, 125167, Russian Federation

<sup>2</sup> Research Institute "Environmental Industrial Policy Centre", Mytischki, 141006, Russian Federation,

<sup>3</sup> Institute of Problems of Natural Monopolies (IPEM), 127473, Moscow, Russian Federation

ECONOMICS

**Authors Information**

**Petrov I.V.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Deputy Dean of the Faculty of Economics and Business

**Kuroshev I.S.**, Head of the Department for Metallurgical, Oil and Gas and Mining Industry, e-mail: i.kuroshev@eipc.center

**Kurchakova A.S.**, Chief Engineer of the Department for Metallurgical, Oil and Gas and Mining Industry, e-mail: a.kurchakova@eipc.center

**Grigorjev A.V.**, Head of Department of Researches of Energy Sector, e-mail: ag@ipem.ru

**Shkarupa A.A.**, e-mail: shkarupa@ipem.ru

**Abstract**

Over the past decade, Best Available Technologies (BAT) have become an integral part of industrial development both globally and in the Russian Federation. The need for a scientifically justified approach in the development and updating of information and technical reference on BATs has become paramount. It is essential to have relevant indicators for conducting various assessments in the field of BATs. This article analyzes the process of updating the information and technical reference in the field of coal mining and preparation, particularly in terms of defining BAT indicators. The significance of industry-specific characteristics is emphasized, which influence the selection of benchmark substances for emissions and discharges, as well as other BAT indicators and their levels.

**Keywords**

Best available techniques, Coal mining and preparation, Technological indicators, Target indicators of resource and energy efficiency, Indicative indicators of specific greenhouse gas emissions, information and technical reference.

**References**

1. Manturov D.V. Sustainable economic growth: aspects of harmonization of industrial and environmental policies of the Russian Federation. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki*, 2018, Vol.11, (4), pp. 132-140. (In Russ.).
2. Ivanov N.A., Sarychev A.E. & Stoyanova I.A. Role of coal in global energy transition. *Gornaya promyshlennost'*, 2023, (4), pp. 102-108. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2023-4-102-108.
3. Rakhmanov M.L., Kuroshev I.S. & Kurchakova A.S. Indicators of resource and energy efficiency in information and technical reference books on the best available technologies in ferrous metallurgy. *Standarty i kachestvo*, 2021, (10), pp. 54-57. (In Russ.).
4. Tolstykh T., Savon D. & Safronov A. Methods and Models for Analysis the Effectiveness of Industrial Enterprises. *Vision*, 2020, (2018), pp. 7710.
5. Savon D.Y. & Zhaglovskaya A.V. Technologies of Alternative Coal Conversion and Waste Management: General Aspects of Economic Expediency. *Eurasian Mining*, 2019, (1), pp. 31-33. DOI: 10.17580/em.2019.01.07.
6. Dobrokhotova M.V. Specific features of the Russian coal industry's transition to the best available technologies. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 34-40. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-34-40.
7. Decree of the Government of the Russian Federation No 1537-r as of 10 June 2022 'On approval of a phase-by-phase schedule for updating information and technical reference books on the best available technologies'.
8. ITS 37 'Coal mining and preparation' information and technical reference book (approved by the order of Rosstandart as of December 15, 2017, No. 2841 'On approval of the 'Coal mining and preparation' information and technical reference book on the best available technologies').
9. Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation as of August 23, 2019, No 3134 'On Approval of methodological recommendations for identifying a technology as the best available technology'.
10. Best Available Techniques Reference Document for the Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.
11. Federal Law No 343-FZ as of July 14, 2022, 'On amendments to the Subsoil Law of the Russian Federation and separate legislative acts of the Russian Federation'.
12. Federal Law as of May 22, 1998, No 89 'On production and consumption waste' (as amended on August 04, 2023).
13. Order of the Government of the Russian Federation as of July 08, 2015, No 1316-r 'On approval of the list of pollutants subject to state regulation measures in environmental protection'.
14. Technical Regulations of the Customs Union No 018/2011 'On safety of wheeled vehicles' (as amended on June 21, 2019).
15. Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of Russia as of March 25, 2019, No 190 'On approval of the 'Technological indicators of the best available technologies of coal mining and preparation' regulatory document in the field of environmental protection'.
16. Order No 371 of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation as of May 27, 2022, 'On Approval of Methods of Quantitative Determination of Greenhouse Gas Emissions and Greenhouse Gas Absorption'.

**For citation**

Petrov I.V., Kuroshev 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), pp. 43-50. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-43-50.

**Paper info**

Received November 14, 2023

Reviewed November 29, 2023

Accepted December 7, 2023

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

# Промышленный туризм в угольной отрасли: вопросы информационной открытости и инфраструктурного потенциала

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-51-54>

Сегодня развитие промышленного туризма – это одна из ключевых задач в сфере развития территорий. Такой вид туризма решает несколько социально-экономических проблем, которые есть в стране. Туризм в промышленные объекты позволяет привлечь дополнительные источники дохода и развития отраслей, создать дополнительные рабочие места и привлечь внимание к профессиям в сфере промышленности.

Промышленный туризм способствует улучшению общественного сознания и осведомленности о промышленных процессах. Не исключением является промышленный туризм в регионах, где развита угольная отрасль. Туристы, посещающие объекты угольной промышленности, могут не только узнать о процессах добычи и переработки угля, но и улучшить понимание о проблемах и вызовах, связанных с угольной промышленностью. Среди таких аспектов можно выделить экологический и социальный. Это может способствовать формированию осведомленности и поддержки устойчивых практик в данной отрасли.

При этом для развития промышленного туризма необходимо сформировать единую модель информационной прозрачности и инфраструктурной оснащенности, что позволит развивать данный вид туризма ускоренными темпами.

**Ключевые слова:** промышленный туризм, угольная отрасль, информационная прозрачность, промышленный потенциал.

**Для цитирования:** Промышленный туризм в угольной отрасли: вопросы информационной открытости и инфраструктурного потенциала / К.А. Корнилова, М.И. Иваев, Н.В. Никульников и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 51-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-51-54.

## ВВЕДЕНИЕ

История промышленного туризма началась с промышленных революций. В это время появилась необходимость в увеличении числа рабочей силы и ее мобильности, а также в привлечении капитала для развития промышленности. К 1866 г. деловые поездки на предприятия потенциальных инвесторов стали носить в Европе и США более развлекательный характер, что привело к возникновению данного вида туризма.

Сегодня можно говорить о том, что промышленный туризм – это вид туризма, который позволяет сосредоточиться на посещении и изучении промышленных объектов и производственных мест [1]. Он позволяет туристам увидеть, как функционируют различные отрасли промыш-

## КОРНИЛОВА К.А.

Преподаватель  
кафедры экономической теории  
Самарского государственного  
экономического университета,  
443090, г. Самара, Россия,  
e-mail: kornilova97@yandex.ru

## ИВАЕВ М.И.

Старший преподаватель  
кафедры цифровой экономики  
Поволжского государственного  
университета телекоммуникаций  
и информатики,  
443010, г. Самара, Россия,  
e-mail: ivaevmarat@yandex.ru

## НИКУЛЬНИКОВ Н.В.

Канд. экон. наук, доцент,  
декан факультета цифровой экономики  
и массовых коммуникаций  
Поволжского государственного  
университета телекоммуникаций  
и информатики,  
443010, г. Самара, Россия,  
e-mail: nikolay@nikulnikov.ru

## ТРУБЕЦКАЯ О.В.

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры национальной  
и мировой экономики  
Самарского государственного  
технического университета,  
443105, г. Самара, Россия,  
e-mail: olgatrub@gmail.com

**Предприятия – лидеры промышленного туризма в РФ**  
 Leading companies of industrial tourism in the Russian Federation

Предприятие	Отрасль	Регион	Количество посетителей, чел.
Курская АЭС	Энергетика	Курская область	8821
ЕВРАЗ дивизион «Урал» (Нижнетагильский металлургический комбинат и Качканарский ГОК)	Металлургия	Свердловская область	7935
УК «Брянский машиностроительный завод»	Машиностроение	Брянская область	3700
Концерн «Калашников»	Машиностроение	Удмуртская Республика	2484
МЕТАЛЛОИНВЕСТ	Металлургия	Московская область	2126
Чусовской металлургический завод	Металлургия	Пермский край	847

ленности и осознать их важность и необходимость в национальной экономике. Несмотря на то, что промышленный туризм официально в нашей стране является новым видом туризма, он быстро завоевывает популярность [2] (табл. 1).

Важным фактором необходимости развития данного вида туризма являются возможность ребрендинга территорий и привлечение дополнительных средств в регионы страны, а также повышение привлекательности российских регионов для туристов.

Промышленный туризм, кроме того, может быть частью образовательного туризма или профориентационных мероприятий для граждан. Он может предоставить уникальные возможности для туристов – познакомиться с производственными процессами, технологиями, традициями, историей и культурой определенной отрасли [3, 4, 5, 6].

Бесспорными преимуществами промышленного туризма являются:

- промышленный туризм способствует развитию экономики региона и созданию новых рабочих мест;
- позволяет привлечь международных туристов, а значит, и иностранный капитал, который способствует развитию инфраструктуры и других отраслей экономики;
- промышленный туризм способствует сохранению и восстановлению промышленного потенциала страны и региона;
- повышает уровень информационной открытости территории и стремление предприятий к социально-ответственному ведению предпринимательской деятельности.

При этом стоит отметить, что промышленный туризм из-за проблем с инфраструктурой сталкивается также с рядом проблем:

- промышленный туризм может быть травмоопасным и негативно сказываться на здоровье, если речь идет о предприятиях, которые не стремятся к переходу на «зеленую» модель бизнеса [7, 8, 9];
- коммерциализация всех сфер промышленного туризма не будет способствовать тому, что туристы будут выбирать данные программы взамен привычных направлений.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Промышленный туризм актуален для угольной отрасли в нашей стране. Так Кузбасс – является центром угольной промышленности России, для данного региона характерно развитие в области туризма в последние несколько лет. Промышленный туризм в Кузбассе

предполагает не только возможность получить знания об отрасли, но и увидеть крупные технические объекты в действии, познакомиться с работой мощных машин и оборудования.

Кузбасский район предлагает туристам в рамках программ промышленного туризма:

- корпоративные музеи;
- посещение перерабатывающих заводов;
- виртуальные туры;
- знакомство с профессией;
- научные центры и лаборатории;
- интерактивные программы.

Проведем SWOT-анализ промышленного туризма в угольной отрасли России и выделим существующие проблемы (табл. 2).

На основании анализа можем сделать вывод, что промышленный туризм в угольной отрасли России имеет потенциал для развития, но требует работы над экологической проблематикой и организацией достаточно доступных туристических маршрутов для населения. При решении проблем в данной сфере можно обращаться к зарубежному опыту, это способствует оптимизации слабых сторон и решению глобальных вопросов – угроз [10, 11, 12].

Можно предложить модель для повышения информационной открытости промышленного туризма в сфере угольной промышленности:

- создание единого информационного центра;
- виртуальные туры;
- создание информационных и цифровых карт;
- информационное взаимодействие с образовательными учреждениями;
- продвижение экологических программ через социальные сети.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для развития промышленного туризма необходимо учесть все факторы и обеспечить баланс между экономическими, экологическими и социальными аспектами. Это может быть достигнуто через разработку строгих норм и стандартов безопасности и охраны окружающей среды, мониторинг и контроль нарушений, развитие образовательных программ и информационных ресурсов для туристов и местных жителей, а также при реализации трехстороннего диалога между правительством, бизнесом и обществом. Сторонам необходимо совершенствовать систему прозрачности и инфра-

**SWOT-анализ промышленного туризма в угольной отрасли России**  
SWOT-analysis of industrial tourism in the coal industry of the Russian Federation

<b>Strengths (сильные стороны)</b>	<b>Weaknesses (слабые стороны)</b>
Большой потенциал для развития промышленного туризма в угольной отрасли в России из-за ее богатых угольных запасов	Угольная отрасль в России страдает от проблем с экологией, так как добыча угля может негативно влиять на окружающую среду. В результате это может отталкивать туристов, интересующихся экологическим туризмом
Угольные шахты и промышленные комплексы предоставляют уникальную возможность для ознакомления с процессами добычи и переработки угля	Большинство угольных шахт расположены в удаленных регионах, что может создавать трудности для организации туристических поездок
Угольная отрасль является важной частью экономики России, что может привлекать внимание людей, интересующихся промышленностью и экономикой страны	
<b>Opportunities (возможности)</b>	<b>Threats (угрозы)</b>
Создание специальных туристических маршрутов, позволяющих посетителям узнать больше об угольной отрасли, ее истории и современных технологиях	Сокращение спроса на уголь как источника энергии в связи с переходом на более экологически чистые источники энергии может негативно сказаться на привлекательности угольной отрасли для туристов
Развитие промышленного туризма может способствовать привлечению инвестиций в угольную отрасль и содействовать ее развитию	Возможные экологические катастрофы или проблемы, связанные с безопасностью на угольных шахтах, также могут оттолкнуть туристов
Продвижение экологически чистых практик в рамках угольной отрасли может привлечь туристов, заинтересованных в ознакомлении с экологическими проблемами и их решением	

структуры промышленного туризма. Для этого необходимо сформировать гибкую информационную и инфраструктурную модель, которая включала бы в себя следующие компоненты:

- развитую сеть социальных сетей и каналов для продвижения и рекламных акций;
- проведение открытых информационных встреч;
- сотрудничество с учебными заведениями для профориентационных мероприятий;
- привлечение сторонних инвесторов для развития инфраструктуры;
- формирование возможностей для молодежного и социального предпринимательства в рамках промышленного туризма;
- льготы со стороны государства как для промышленных предприятий, туристической сферы, так и для туристов.

#### Список литературы

1. Чхотуа И.З., Власюк Л.И., Задорожная Г.В. Развитие промышленного туризма в регионах России: стратегический анализ // ЭВР. 2021. № 4. С.156-174.
2. Управление производством. [Электронный ресурс]. URL: <https://up-pro.ru/promyshlennyy-turizm/promturizm-itogi-2023/> (дата обращения: 15.12.2023).
3. Стратегические приоритеты развития туризма и выставочно-ярмарочной деятельности в Кузбассе / А.А. Пятовский, А.В. Садовнича, И.З. Чхотуа и др. // Экономика в промышленности. 2020. 13. С. 339-347. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-339-347>.
4. Стратегирование экологического развития Кузбасса / В.Л. Квинт, Г.В. Задорожная, Ю.В. Дудовцева и др. Кемерово: КемГУ, 2021. 416 с.
5. Шабалина Н.В., Азина Е.А., Каширина Е.С. Потенциал российских регионов для развития промышленного туризма // Современные проблемы сервиса и туризма. 2021. Т. 15. № 2. С. 58-67.
6. Таскаева С.В. Потенциал промышленного туризма на современном этапе // Вестник науки. 2023. № 6. С. 107-112.
7. Post-industrial tourism as a sustainable development / A. Kuzior, O. Lyulyov, T. Pimonenko et al. // Sustainability. 2021. Vol. 13. 8145. DOI: 10.3390/su13158145.
8. Moral-Moral M., Fernandez-Alles M.T. Perceptions of the local resident to industrial tourism as sustainable development model // Revista de Estudios Regionales. 2019. Vol. 114. P. 45-69.
9. Тельнова Т.П. Промышленный туризм: проблемы и тенденции развития. Проблемы и перспективы развития туризма в Российской Федерации: Сб. науч. тр. Симферополь: Изд-во Крым. Федер. ун-та им. В.И. Вернадского, 2020. С. 181-187.
10. Zaytseva A., Brel O., Kaizer Ph. Russian Experience of Conservation and Renovation of Industrial Regions' Heritage // Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. Vol. 9. No 4, P. 766-770. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.4\(28\).09](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.4(28).09).
11. Wagan Aguilar M.G., Limpot R.A., Macasinag P.H. The Tourism Business Industry of the Municipality of Tanay, Rizal, Philippines: An Assessment on Human Resource and a Province-Wide Market Research // Journal of Tourism Management. 2020. Vol. 7. Is. 1. P. 52-67. DOI: 10.18488/journal.31.2020.71.52.67.
12. Li J., Bai Y., Alatalo J.M. Impacts of rural tourism-driven land use change on ecosystems services provision in Erhai Lake Basin, China // Ecosystem Services. 2020. Vol. 42. DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101081.

Original Paper

UDC 330.47 © K.A. Kornilova, M.I. Ivaev, N.V. Nikulnikov, O.V. Trubetskaya, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 51-54  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-51-54>

**Title****INDUSTRIAL TOURISM IN THE COAL INDUSTRY: THE ISSUES OF INFORMATION TRANSPARENCY AND INFRASTRUCTURAL POTENTIAL****Author**

Kornilova K.A.<sup>1</sup>, Ivaev M.I.<sup>2</sup>, Nikulnikov N.V., Trubetskaya O.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation

<sup>2</sup> Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, 443010, Russian Federation

<sup>3</sup> Samara State Technical University, Samara, 443105, Russian Federation

**Authors Information**

**Kornilova K.A.**, Lecturer, Department of Economic,  
 e-mail: [kornilova97@yandex.ru](mailto:kornilova97@yandex.ru)

**Ivaev M.I.**, Senior lecturer, Department of Digital Economy,  
 e-mail: [ivaevmarat@yandex.ru](mailto:ivaevmarat@yandex.ru)

**Nikulnikov N.V.**, PhD (Economic), Associate Professor,  
 Dean of the School of Digital Economy and Mass Communications,  
 e-mail: [nikolay@nikulnikov.ru](mailto:nikolay@nikulnikov.ru)

**Trubetskaya O.V.**, PhD (Economic), Associate Professor, Department  
 of National and World Economy, e-mail: [olgatrub@gmail.com](mailto:olgatrub@gmail.com)

**Abstract**

Today, the development of industrial tourism is one of the key tasks in territorial development. This type of tourism solves several social and economic challenges that exist in the country. Tourism to industrial sites helps to attract additional sources of income and development of industries, creating additional jobs and raising awareness of professions in this industry.

Industrial tourism improves public consciousness and knowledge of industrial processes. Industrial tourism in regions where the coal industry is developed is no exception. Tourists visiting coal mining sites can not only learn about the processes of coal mining and processing, but also improve their understanding of the issues and challenges associated with the coal industry. Such aspects include the environmental and social ones. This can help to raise awareness and support sustainable practices in the industry.

At the same time, the development of industrial tourism requires formation of a unified model of information transparency and infrastructural capacity, which will allow the development of this type of tourism at an accelerated pace.

**Keywords**

Industrial tourism, Coal industry, Information transparency, Infrastructural potential.

**References**

1. Chkhotua I.Z., Vlasyuk L.I. & Zadorozhnaya G.V. Strategic analysis of industrial tourism development in the regions of Russia: opportunities and threats. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*, 2021, (4), pp. 156-174. (In Russ.).
2. Production management. [Electronic resource]. Available at: <https://up-pro.ru/promyshlennyj-turizm/promturizm-itogi-2023/> (accessed 15.12.2023).

3. Pyatovskiy A.A., Sadovnichaya A.V., Chkhotua I.Z. et al. Strategic priorities of development of tourism and exhibition and fair activities in Kuzbass. *Ekonomika v promyshlennosti*, 2020, (13), pp. 339-347. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-339-347>.

4. Kvint V.L., Zadorozhnaya G.V., Dudovtseva Yu.V. et al. Strategizing the environmental development of Kuzbass, Kemerovo, Kemerovo State University Publ., 2021, 416 p. (In Russ.).

5. Shabalina N.V., Azina E.A. & Kashirina E.S. The potential of Russian regions for industrial tourism development. *Sovremennye problemy servisa i turizma*, 2021, Vol. 15, (2), pp. 58-67. (In Russ.).

6. Taskaeva S.V. Potential of industrial tourism at the present stage. *Vestnik nauki*, 2023, (6), pp. 107-112. (In Russ.).

7. Kuzior A., Lyulyov O., Pimonenko T., Kwilinski A. & Krawczyk D. Post-industrial tourism as a sustainable development. *Sustainability*, 2021, (13), 8145. DOI: 10.3390/su13158145.

8. Moral-Moral M. & Fernandez-Alles M.T. Perceptions of the local resident to industrial tourism as sustainable development model. *Revista de Estudios Regionales*, 2019, (114), pp. 45-69.

9. Telnova T.P. Industrial tourism: challenges and trends of development. Challenges and prospects of tourism development in the Russian Federation: Collection of scientific works, Simferopol, V.I. Vernadsky Crimean Federal University Publ., 2020, pp. 181-187. (In Russ.).

10. Zaytseva A., Brel O. & Kaizer Ph. Russian Experience of Conservation and Renovation of Industrial Regions' Heritage. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2019, Vol. 9, (4), pp. 766-770. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.4\(28\).09](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.4(28).09).

11. Wagan Aguilar M.G., Limpot R.A. & Macasinag P.H. The Tourism Business Industry of the Municipality of Tanay, Rizal, Philippines: An Assessment on Human Resource and a Province-Wide Market Research. *Journal of Tourism Management*, 2020, Vol. 7, (1), pp. 52-67. DOI: 10.18488/journal.31.2020.71.52.67.

12. Li J., Bai Y. & Alatalo J.M. Impacts of rural tourism-driven land use change on ecosystems services provision in Erhai Lake Basin, China. *Ecosystem Services*, 2020, (42). DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101081.

**For citation**

Kornilova K.A., Ivaev M.I., Nikulnikov N.V. & Trubetskaya O.V. Industrial tourism in the coal industry: the issues of information transparency and infrastructural potential. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 51-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-51-54.

**Paper info**

Received November 1, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted December 7, 2023



# Экономические механизмы реализации заблаговременной дегазационной подготовки угольных месторождений России для повышения безопасности труда

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-55-60>

*В статье рассмотрена проблематика добычи угля подземным способом при высоком содержании метана в угольных выработках. При этом угольная промышленность сильно нуждается в разработке экономических механизмов реализации заблаговременной дегазационной подготовки угольных месторождений, так как газовый фактор имеет первостепенное значение в подземной добыче угля. Заблаговременная дегазация позволит увеличить безопасность труда при добыче угля, а также обеспечить социально-экономическое развитие региона.*

**Ключевые слова:** газовый фактор, организационно-экономический механизм, метан из угольных пластов, производительность труда, добыча угля, безопасность производства, экономическая эффективность, дегазация, социально-экономическое развитие региона.

**Для цитирования:** Кузина Е.С. Экономические механизмы реализации заблаговременной дегазационной подготовки угольных месторождений России для повышения безопасности труда // Уголь. 2024. № 1. С. 55-60. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-55-60.

## КУЗИНА Е.С.

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры  
национальной и региональной экономики  
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»,  
117997, г. Москва, Россия,  
e-mail: elizaveta1991@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в подготовке и использовании ресурсов и запасов метана угольных пластов сложилась дилемма, когда самостоятельная добыча метана угольных пластов является низкорентабельной, а угольная промышленность остро нуждается в проведении заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов [1].

Особенности добычи метана угольных пластов определяются газовым фактором. Газовый фактор имеет первостепенное значение в подземной добыче угля из метанообильных угольных пластов. Современные тенденции развития шахтной угольной добычи характеризуются ростом объемов и производительностью труда при добыче угля, повышением требований безопасности ведения горных работ и охраны окружающей среды на горнодобывающем предприятии, обуславливающими главенствующую роль заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов для создания безопасных условий и повышения производительности труда на шахтах, в первую очередь Кузнецкого и Печорского угольных бассейнов [2].

Наиболее ярким примером успешного освоения метана угольных пластов и проведения заблаговременной дегазации является опыт Китая, США и Австралии. Крупномасштабная добыча метана угольных пластов производится в США, там уже создана целая промышленность по добыче метана угольных пластов. Австралия также имеет огромный опыт добычи метана угольных пластов и проведения заблаговременной дегазации, в стране создан экономико-правовой механизм проведения дегазации угольных пластов. Австралия стала передовым поставщиком технологий по добыче метана из угольных пластов. Китай также является крупнейшим разработчиком метана угольных пластов, промышленная добыча в Китае начата в 1990-е годы, и уже на современном этапе фонд скважин составляет более 4000 шт., что способствует развитию газификации регионов страны и применению метана угольных пластов в качестве сжиженного природного газа (СПГ) в промышленности [3].

Промышленная добыча метана угольных пластов в России началась в 2000 г. в Кузнецком угольном бассейне, но до сих пор не начались масштабная добыча метана и проведение заблаговременной дегазации, что приводит к постоянным взрывам на шахтах и гибели шахтеров.

Научная проблема состоит в решении вопроса создания экономических механизмов реализации заблаговременной дегазационной подготовки угольных месторождений России, что положительно скажется на добыче угля и росте доходов региона.

Положительным аспектом является также улучшение экологии от проведения данных работ. Будет критически осмыслен опыт Китая, США, Австралии – стран, которые осуществили технологический прорыв в добыче метана из угольных пластов [4].

Угольная промышленность остро нуждается в разработке экономических механизмов реализации заблаговременной дегазационной подготовки угольных месторождений, так как газовый фактор имеет первостепенное значение в подземной добыче угля [5]. Метан угольных пластов, содержащийся в угленосных отложениях, является причиной взрывов в угольных шахтах. Только за период 2000-2021 гг. в угольных шахтах произошел 41 взрыв метана, выделяющегося из угольных пластов в процессе проведения горных работ, при этом погибли 485 человек, серьезные травмы получили 312 горняков. При этом сложилась проблема в создании безопасных условий труда при добыче угля и дальнейшем повышении производительности труда.

Научная новизна исследования состоит в необходимости формирования фундаментальных экономических механизмов, обеспечивающих решение комплексной проблемы эффективной добычи метана из угольных пластов и его использования в целях социально-экономического развития региона, а также одновременного проведения заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов, направленной на создание безопасных условий и повышение производительности труда при подземной добыче угля.

Актуальность исследования заключается в решении фундаментальной научной проблемы, направленной на создание экономических механизмов формирования и

оценки решения двуединой задачи заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов, направленной на решение комплексной проблемы обеспечения добычи метана из угольных пластов, создание безопасных условий и повышение производительности труда при подземной добыче угля, напрямую связанных с социально-экономическим развитием региона.

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Согласно мировому опыту извлечение метана из угольных пластов с помощью скважин, которые пробурили с поверхности, неэффективно без проведения дополнительных мероприятий, направленных на повышение газоотдачи. К таким методам газоотдачи относятся:

- проведение гидроразрыва пласта (ГРП) в обсаженном стволе вертикальных и наклонно-направленных скважин [6];
- проведение пневмо-гидродинамического воздействия на угольный пласт в открытом стволе скважины [7];
- бурение горизонтальных и многозбойных скважин в интервале залегания угольного пласта, в данном случае происходит более эффективное извлечение метана [8];
- расширение открытого ствола скважины в интервале залегания газоносного угольного пласта [9].

При этом каждый из способов эффективен для определенных условий залеганий.

Наиболее часто используется ГРП для интенсификации притока к скважинам для проведения заблаговременной дегазации. Данный способ используется в России примерно в 80% случаев, что позволяет за счет нагнетания в скважину с высоким давлением жидкостей для гидроразрыва, что обеспечивает образование вертикальных трещин и усиливает выделение метана в пласте [10].

Также необходимо учитывать тот фактор, что начало дегазационных работ необходимо до начала очистных работ, чтобы достичь максимального эффекта от заблаговременной дегазации.

После выбора метода проведения дегазации необходимо сформировать организационно-экономический механизм проведения данного вида работ.

Организационно-экономический механизм – это совокупность организационных и экономических форм и методов, направленных на объект управления, для гармонизации экономических и юридических отношений собственников и государства.

На рис. 1 представлена модель организационно-экономического механизма реализации проекта заблаговременной дегазации угольных месторождений.

Блок 1 предполагает проведение подготовительного этапа заблаговременной дегазации для шахтных полей Кемеровской области, при этом руководство региона должно обеспечить разработку и утверждение плана лицензирования площадей, которые перспективны для добычи угля подземным способом. План подготавливается совместно со всеми заинтересованными участниками процесса (угольными и газовыми компаниями) и согласуется в Министерстве энергетики РФ, и передается для утверждения в Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра).

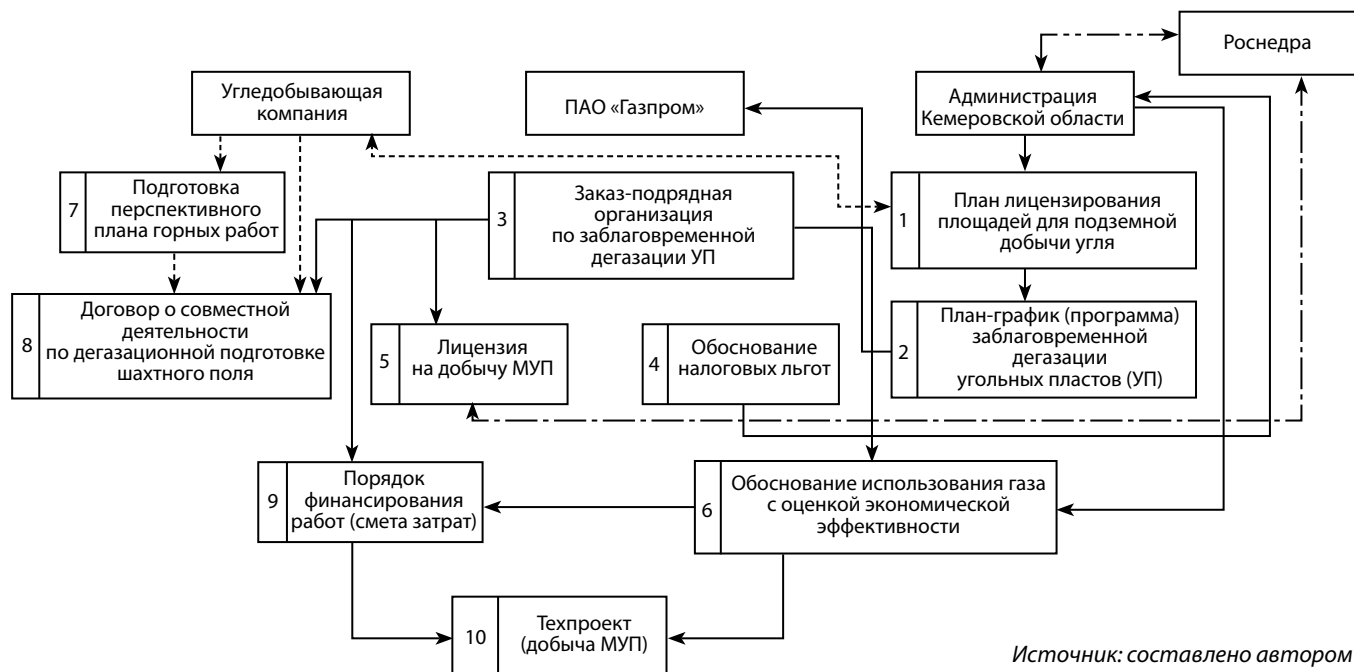


Рис. 1. Модель организационно-экономического механизма реализации проекта заблаговременной дегазации угольных месторождений

Fig. 1. Model of organizational and economic mechanism for project implementation of advance degassing of coal deposits

Блок 2 базируется на основании полученного плана лицензирования площадей, перспективных для добычи метана угольных пластов, руководство Кемеровской области утверждает и передает план-график заблаговременной дегазации угольным компаниям и ПАО «Газпром» (как основному агрегатору в газовой промышленности).

Блок 3 освещает получение из администрации угледобывающего региона плана-графика проведения работ, после этого ПАО «Газпром» принимает решение о создании компании с функционалом заказчика-застройщика и последующей структуры по добыче метана угольных пластов.

Блок 4 заключается в том, что газовый оператор осуществляет подготовку и направляет в регион обоснование для получения региональных налоговых льгот для субъекта инвестиционной деятельности, который осуществляет добычу метана угольных пластов на территории региона, что обеспечивает безопасность труда при подземной добыче угля.

Блок 5 предполагает, что газовый оператор подготавливает и направляет в Роснедра заявку на получение эксплуатационной лицензии (приложение с ходатайством администрации угледобывающего региона).

Блок 6 предполагает подготовку обоснования использования добытого газа в процессе заблаговременной дегазации с учетом прогнозных объемов добычи в соответствии с планом лицензирования площадей, которые подходят для добычи метана и угля подземным способом. Обоснование с матрицей вариантов использования газа, а также проект по строительству площадок, объектов переработки газа направляются в администрацию региона.

Блок 7 базируется на получении компанией, добывающей уголь, плана-графика заблаговременной дегазации, на основании его она подготавливает перспектив-

ный укрупненный план проведения горных работ, который подлежит передаче газовому оператору.

Блок 8 предполагает взаимодействие угледобывающей и газодобывающей организаций на основе договора совместной деятельности по заблаговременной дегазации шахтного поля, в котором также определяется порядок финансирования работ.

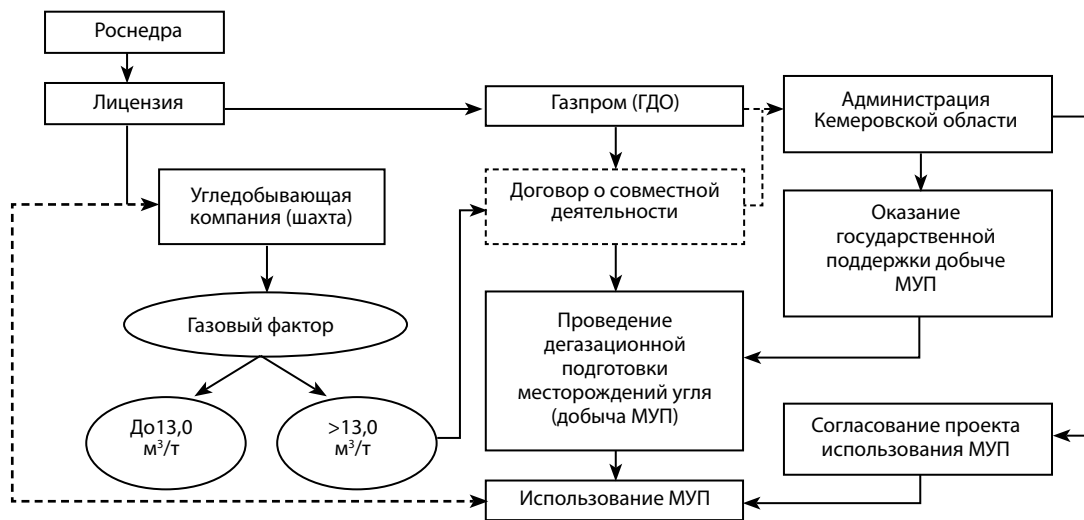
Блок 9 базируется на подготовке и согласовании газовым оператором плана финансирования с ПАО «Газпром». В данном плане подробно описываются схема финансирования работ и источники финансирования (собственные и заемные средства), а также сроки осуществления финансирования.

Блок 10 носит обобщающий характер для всех этапов газодобывающей организации, которая осуществляет подготовку проекта проведения работ по добыче метана угольных пластов на основании имеющихся документов и проектов [11, 12]:

- эксплуатационной лицензии (на добычу метана);
- обращения администрации угледобывающего региона о заключении заказа на организацию заблаговременной дегазации как на субъект инвестиционной деятельности, при этом предусматривается проект по предоставлению региональных налоговых льгот;
- утвержденного в администрации региона обоснования по использованию добытого газа при проведении заблаговременной дегазации угольных пластов;
- утвержденного плана финансирования работ.

Проект рассматривается и утверждается в ПАО «Газпром».

Организационно-экономический механизм основного этапа заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов представлен на рис. 2.



Источник: составлено автором

Рис. 2. Организационно-экономический механизм основного этапа заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов

Fig. 2. Organizational and economic mechanism of the main stage in advance degassing of coal seams with high gas content

В основной этап заблаговременной дегазации угольных пластов входит выполнение работ, которые направлены на извлечение метана угольных пластов для подготовки шахтного поля. Данный этап предполагает строительство скважин с поверхности [13].

Основной этап дегазации проводится, исходя из дополнительных условий, а именно, при формировании соответствующей институциональной среды, включая создание государственного заказа на заблаговременную дегазацию будущих шахтных полей как задела для добычи угля и добычи метана для газовой промышленности из нетрадиционных источников газа.

Как показывает анализ, основным направлением совместных работ ПАО «Газпром» и угольных компаний является проведение подготовительного этапа заблаговременной дегазации.

После получения угольной компанией добычной лицензии на участке недр появляются два недропользователя, и начинается подготовительный этап заблаговременной дегазации угольного месторождения. Газовый оператор заключает с угольной компанией договор на оказание услуг по заблаговременной дегазации скважинами, пробуренными с поверхности. Договор также будет способствовать правовому регулированию и взаимодействию недропользователей на одном участке недр.

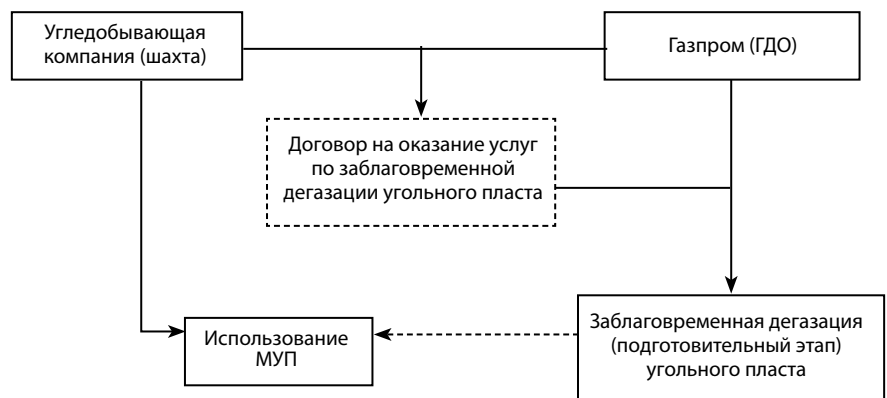
Организационно-экономический механизм заблаговременной дегазации на подготовительном этапе (при проектировании шахты) представлен на рис. 3.

Подготовительный этап заблаговременной дегазации заключается в строительстве скважин на шахтном поле проектируемой или строящейся шахты в период до начала очистных работ.

Период проведения подготовительного этапа заблаговременной дегазации шахтного поля для угольной компании, осуществляющей добычу угля подземным способом, определяется сроками проведения работ от получения лицензии до строительства и ввода в эксплуатацию шахты.

В соответствии с блок-схемой (см. рис. 3) возможны следующие варианты взаимоотношений между газовым оператором и угольной компанией:

- отказ угольной компании от заключения договора с газовым оператором из-за недостатка средств на компенсацию затрат на заблаговременную дегазацию шахтного поля;



Источник: составлено автором

Рис. 3. Организационно-экономический механизм подготовительного этапа заблаговременной дегазации угольного пласта (в условиях проектируемой шахты)

Fig. 3. Organizational and economic mechanism of the preparatory stage in advance degassing of coal seam (for conditions of the project mine)

## Результаты производственно-экономической деятельности угледобывающей компании при проведении заблаговременной дегазации

Results of production and economic activities of a coal mining company in case of advance degassing

Показатели	Вариант А	Вариант Б
Процент снижения метановыделения, %	40,0	80,0
Увеличение проектной мощности, %	45,0	85,0
Сокращение капитальных вложений, млрд руб.	0,78	119,6
Рост чистой прибыли, млрд руб.	42,0	85,3
Экономический эффект от увеличения безопасности труда, млн руб.	0,0	100,0
Увеличение чистого дохода угольной компании, млрд руб.	-3,01	8,16

– ограничения работ и взаимодействия компаний только подготовительным этапом при подготовке шахтного поля;  
– привлечение газового оператора по договору подряда для заблаговременной дегазационной подготовки шахтного поля только на подготовительном этапе.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение заблаговременной дегазации способствует получению экономического эффекта для шахты. В таблице рассмотрим получение угледобывающей компанией экономического эффекта.

При этом для угольной компании самым важным эффектом является увеличение безопасности труда. Согласно Федеральному закону № 426-ФЗ от 28.12.2013 «О специальной оценке условий труда» [14] добыча угля приравнена к самому высокому классу профессионального риска (32 класс), за который начисляется дополнительный взнос от несчастных случаев в размере 8,5% от фонда оплаты труда, также согласно ст. 428 НК РФ для определенных категорий плательщиков в отношении выплат и иных вознаграждений в пользу физических лиц, занятых на определенных видах работ, применяется дополнительный тариф страховых взносов на обязательное пенсионное страхование, исчисляемый от фонда оплаты труда на одного работника, данный тариф равен 8% и приравнен к опасному классу условий труда [15].

Проведение заблаговременной дегазации позволяет снизить класс профессионального риска до 30 класса и снизить ставку до 7,4%, а также перевести класс условий труда для дополнительного пенсионного страхования на вредный и снизить ставку до 7%. Именно за счет этих мер можно получить экономию по снижению взносов по опасному классу условий труда для угольной компании.

Представленный организационно-экономический механизм реализации проектов заблаговременной дегазации месторождений на основе взаимодействия государства, газовых и угольных компаний решает проблему безопасности в угольной промышленности и значительно снижает остроту «газовой» проблемы для строящихся шахт.

Предложенная система взаимодействия угольных и газовых компаний по заблаговременной дегазации высокогазоносных угольных пластов позволяет значительно снизить риски внезапных выбросов и взрывов метана в шахтах и обеспечивает дальнейшее инновационное развитие угольной промышленности, а также региона в целом.

### Список литературы

1. Взрывоопасность газа при подземной добыче угля в Кузбассе / Е.А. Козловский, Г.Н. Шаров, А.Э. Конторович и др. // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Т. 5. № 1. 2018. С. 76-82.
2. Леконцев Ю.М., Ушаков С.Ю., Мезенцев Ю.Б. Пути повышения эффективности дегазации угольных пластов // Уголь. 2020. № 4. С. 26-28. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-26-28.
3. Where risk, where capability? Building the emergency management capability structure of coal mining enterprises based on risk matching perspective / Yachao Xiong, Hui Qi, Zequan Li et al. // Resources Policy. June 2023. Vol. 83. P. 266-278. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103695.
4. Обеспечение метанобезопасности шахт на основе глубокой дегазации угольных пластов при их подготовке в интенсивной разработке / С.В. Сластунов, Е.П. Ютяев, Е.В. Мазаник и др. // Уголь. 2019. № 7. С. 42-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-42-47.
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1582-р от 13.06.2020 «Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года».
6. Reserves estimation for coalbed methane reservoirs: A review / A. Al-towilib, A. Alsaihati, H. Alhamood et al. // Sustainability (Switzerland). 2020. 12(24). 10621. P. 1-26. DOI: 10.3390/su122410621.
7. Wright T. The Political Economy of China's Dramatically Improved Coal Safety Record // China Quarterly. 2022. No 249. P. 91-113. DOI: 10.1017/S0305741021000941.
8. Influences of double-sided molding method and initial particle size on fragmentation characteristics of reconstituted coal briquette / C. Wang, Y. Cheng, J. Jiang et al. // Fuel. October 2023. P. 349-366.
9. Implications of Geological Conditions on Gas Contents: A Case Study in the Pingdingshan Coalfield / D. Wang, Y. Cheng, L. Yuan et al. // Energy and Fuels. 2023. No 37. P. 6465-6478.
10. Energy transitions and labor market patterns in the U.S. coal industry / Nyakundi M. Michieka, Marcello Graziano, Marta Musso et al. // Structural Change and Economic Dynamics. December 2022. Vol. 63. P. 501-514. DOI: 10.1016/j.strueco.2022.07.005.
11. Кузина Е.С. Создание механизма обеспечения безопасности труда при подземной добыче угля // Уголь. 2022. № 9. С. 79-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-79-83.
12. Мелехин Е.С., Кузина Е.С. Стимулирование процессов отработки высокогазоносных угольных пластов // Уголь. № 6. 2019. С. 46-50. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-46-50.
13. Study on the coal dust deposition fraction and site in the upper respiratory tract under different particle sizes and labor intensities / Yu Cheng, Haiming Yu, Sen Xie et al. // Science of The Total Environment. 10 April 2023. Vol. 868. P. 161-169. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.161617.

14. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ.
15. Федеральный закон от 26.07.2010 № 186-ФЗ «О внесении изменений в статьи 1 и 14 Федерального закона «О государственном

регулировании в области добычи и использования угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

### Original Paper

UDC 331.452:622.86:622.817.47 © E.S. Kuzina, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 55-60  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-55-60>

## Title

### ECONOMIC MECHANISMS FOR THE IMPLEMENTATION OF EARLY DEGASSING PREPARATION OF COAL DEPOSITS IN RUSSIA TO IMPROVE LABOR SAFETY

#### Author

Kuzina E.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 117997, Russian Federation

#### Authors Information

**Kuzina E.S.**, PhD (Economic), Associate Professor, Department of National and Regional Economics, e-mail: [elizaveta1991@mail.ru](mailto:elizaveta1991@mail.ru)

#### Abstract

The article deals with the problems of underground coal mining with a high content of methane in coal workings. At the same time, the coal industry is in great need of developing economic mechanisms for the implementation of early degassing preparation of coal deposits, since the gas factor is of paramount importance in underground coal mining. Early degassing will increase labor safety in coal mining, as well as ensure the socio-economic development of the region.

#### Keywords

Gas factor, Organizational and economic mechanism, Coal-bed methane, Labor productivity, Coal mining, Production safety, Economic efficiency, Degassing, Socio-economic development of the region.

#### References

1. Kozlovsky E.A., Sharov G.N., Kontorovich A.E., Gritsko G.I., Kuznetsov F.A., Kurlenya M.V., Kovalev V.A., Rostovtsev V.I., Belozherov I.M., Chernook V.A., Minin V.A. & Vashlaeva N.Yu. Explosiveness of gas during underground coal mining in Kuzbass. *Fundamental and applied issues of mining sciences*. 2018. Vol. 5. (1). pp. 76-82. (In Russ.).
2. Lekontsev Yu.M., Ushakov S.Yu. & Mezentshev Yu.B. Ways to increase the efficiency of coal seam degassing. *Ugol'*, 2020, No. 4, pp. 26-28. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2020-4-26-28](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2020-4-26-28).
3. Yachao Xiong, Hui Qi, Zequan Li & Qiuhan Zhang. Where risk, where capability? Building the emergency management capability structure of coal mining enterprises based on risk matching perspective. *Resources Policy*, June 2023, (83), pp. 266-278. DOI: [10.1016/j.resourpol.2023.103695](https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103695).
4. Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P. & Ponizov A.V. Ensuring methane safety of mines on the basis of deep degassing of coal seams in their preparation for intensive development. *Ugol'*, 2019, (7), pp. 42-47. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2019-7-42-47](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-7-42-47).
5. Decree of the Government of the Russian Federation No 1582-r dated 06/13/2020 "Program for the development of the Russian coal industry for the period up to 2035".
6. Altowilib A., Alsaihati A., Alhamood H., Alafnan S. & Alarifi S. Reserves estimation for coalbed methane reservoirs: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 2020, 12(24), 10621, pp. 1-26. DOI: [10.3390/su122410621](https://doi.org/10.3390/su122410621).

7. Wright T. The Political Economy of China's Dramatically Improved Coal Safety Record. *China Quarterly*, 2022, (249), pp. 91-113. DOI: [10.1017/S0305741021000941](https://doi.org/10.1017/S0305741021000941).

8. Wang C., Cheng Y., Jiang J., Wang L. & Lei Y. Influences of double-sided molding method and initial particle size on fragmentation characteristics of reconstituted coal briquette. *Fuel*, October 2023, pp. 349-366.

9. Wang D., Cheng Y., Yuan L., Wang C. & Wang L. Implications of Geological Conditions on Gas Contents: A Case Study in the Pingdingshan Coalfield. *Energy and Fuels*, 2023, (37), pp. 6465-6478.

10. Nyakundi M. Michieka, Marcello Graziano, Marta Musso & Roger Fouquet. Energy transitions and labor market patterns in the U.S. coal industry. *Structural Change and Economic Dynamics*, December 2022, (63), pp. 501-514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.07.005>.

11. Kuzina E.S. Creation of a mechanism to ensure labor safety in underground coal mining. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 79-83. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2022-9-79-83](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-79-83).

12. Melekhin E.S., Kuzina E.S. Stimulation of mining processes of high-gas coal seams. *Ugol'*, 2019, (6), pp. 46-50. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2019-6-46-50](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-6-46-50).

13. Yu Cheng, Haiming Yu, Sen Xie, Junwei Zhao & Yuxi Ye. Study on the coal dust deposition fraction and site in the upper respiratory tract under different particle sizes and labor intensities. *Science of the Total Environment*, 10 April 2023, (868), pp. 161-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161617>.

14. Federal Law No 426-FZ dated December 28, 2013 "On Special Assessment of Working Conditions".

15. Federal Law No 186-FZ dated July 26, 2010 "On Amendments to Articles 1 and 14 of the Federal Law "On State Regulation in the Field of Coal Mining and Use, on the Features of Social Protection of Employees of Coal Industry Organizations" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation".

#### For citation

Kuzina E.S. Economic mechanisms for the implementation of early degassing preparation of coal deposits in Russia to improve labor safety. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 55-60. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2024-1-55-60](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-55-60).

#### Paper info

Received August 13, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted December 7, 2023

# Нечеткая модель определения формы устойчивого целика в углевмещающих породах

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-61-63>

В представленной статье разработана математическая модель, позволяющая определить такую форму целиков, при которой, с одной стороны, обеспечивается устойчивость горной выработки, а с другой – отсутствие неоправданных потерь полезных ископаемых. В отличие от аналогов в данной модели учитывается наличие кристаллических и аморфных текстурных составляющих в горных породах, слагающих целик. Вследствие этого для задания величины внешнего поля напряжений, используется не классическое тензорное исчисление, а нечеткий тензорный анализ, позволяющий учесть степень неопределенности значений величин, характеризующих деформационные свойства неоднородностей. В итоге, используя нечеткий тензор внешнего поля напряжений получено выражение, описывающее такую форму целика, при которой в нем по всему объему горных пород реализуется равномерное распределение напряжений. Форма целика определяется модальным значением нечеткой компоненты внешнего поля напряжений.

**Ключевые слова:** математическая модель, устойчивость, угольное месторождение, целик, внешнее поле, нечеткий тензор, поле напряжений, метод аналогий.

**Для цитирования:** Нечеткая модель определения формы устойчивого целика в углевмещающих породах / Р.К. Халкечев, Ю.М. Левкин, К.В. Халкечев и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 61-63. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-61-63.

## ВВЕДЕНИЕ

Камерно-столбовая система разработки является основой многих технологий добычи на угольных месторождениях. Одной из главных проблем при использовании данной системы разработки является определение таких параметров целиков, при которых, с одной стороны, обеспечивается устойчивость горной выработки, а с другой – отсутствие неоправданных потерь полезных ископаемых.

Анализ существующих работ в данном направлении свидетельствует, что существующие экспериментальные и теоретические методы [1, 2, 3, 4] при определении оптимальных размеров целиков не учитывают структурных и текстурных особенностей горных пород. Кроме того, большинство данных методов ошибочно основываются на предположении, что величина внешнего поля напряжения, действующего на целик, однозначно определяется удельным весом вышележащей над ним толщи горных пород. И как результат – в настоящее время на угольных месторождениях при проектировании выбираются неоправданно большие размеры целиков, что приводит к потерям полезного ископаемого. В то же время необходимо отметить, что первые, приближенные модели, лишенные вышеобозначенных недостатков, уже получены. Так, например, необходимо обратить внимание на работу [5]. В ней разработана математическая модель, рассматривающая целик как поликристаллическое твердое тело, на кото-

## ХАЛКЕЧЕВ Р.К.

Доктор техн. наук, профессор кафедры  
инфокоммуникационных технологий  
НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: syrus@list.ru

## ЛЕВКИН Ю.М.

Доктор техн. наук, профессор  
Московского политехнического  
университета,  
член Союза маркшейдеров России,  
105064, г. Москва, Россия,  
e-mail: lev5353@bk.ru

## ХАЛКЕЧЕВ К.В.

Доктор физ.-мат. наук,  
доктор техн. наук,  
профессор кафедры геологии и  
маркшейдерского дела НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: h\_kemal@mail.ru

## КУЗЬМЕНКО С.Ю.

Канд. техн. наук, преподаватель  
Университетского колледжа  
информационных технологий  
Московского государственного  
университета технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
(Первый казачий университет),  
109004, г. Москва, Россия,  
e-mail: svetik-semicvetik3@yandex.ru

рое действует внешнее поле напряжений, выражаемое в рамках классического тензорного исчисления в виде двухвалентного тензора. За счет одновременного учета удельного веса горных пород и величины внешнего поля напряжений данная модель позволяет установить форму целика, обеспечивающую в нем равномерное распределение напряжений, и тем самым обеспечить его устойчивость. Несмотря на всю ценность данной модели, она обладает малой степенью количественной адекватности при решении задач определения формы целиков, слагаемых горными породами с аморфными текстурными составляющими. Это связано с тем, что при решении подобного рода задач не представляется возможным задать внешнее поле напряжений лишь одной тензорной величиной, т.е. классическое тензорное исчисление здесь неприменимо. Вследствие этого необходимо использовать другой подход, например использовать понятие нечеткого тензора [6]. Это связано с тем, что все величины, характеризующие деформационные свойства невозможно определить точно. Поэтому применение нечеткого моделирования является единственным способом разработки нечеткой модели определения формы устойчивого целика в углевмещающих породах.

### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Нечеткое внешнее поле напряжений, действующее на целик, слагаемый горными породами с аморфными текстурными составляющими, может быть найдено в рамках метода аналогий из уравнения, представленного в работе [6]. В итоге получим:

$$\overset{(nz)}{\sigma} = \overset{(nz)}{C} \left( \overset{(nz)}{I} + \overset{(nz)}{B} \overset{(lnz)}{C} \right)^{-1} < \overset{(nz)}{C} \left( \overset{(nz)}{I} + \overset{(nz)}{B} \overset{(lnz)}{C} \right)^{-1} >^{-1} \overset{(nm)}{\sigma}, \quad (1)$$

где  $\overset{(nz)}{\sigma}$  – нечеткое поле напряжений, реализуемое внутри неоднородности;  $\overset{(nz)}{C}$  – нечеткий тензор модулей упругости характерной неоднородности;  $\overset{(lnz)}{C} = \overset{(nz)}{C} - \langle \overset{(nz)}{C} \rangle$ ; « $\langle \rangle$ » – усреднение по ансамблю полей неоднородностей;

$\overset{(nz)}{B}$  – интегральный оператор преобразования Фурье-ядра  $\overset{(0m)}{K}_{ijkl}(x-x') = -[\partial_i \partial_j G_{jk}(x-x')]_{(ij)(kl)}$ ;  $\overset{(0m)}{G}_{jk}(x-x')$  – тензорная функция Грина матрицы, свойства которой определяются значением  $\langle \overset{(nz)}{C} \rangle$ ;  $\overset{(nm)}{I}$  – единичный четырехвалентный тензор;  $\overset{(nm)}{\sigma}$  – нечеткое внешнее поле напряжений, действующее на целик.

В свою очередь, согласно работе [5], исходное уравнение кривой, описывающей форму устойчивого целика, построенной в рамках классического тензорного исчисления, имеет следующий вид:

$$x = \frac{2P_1}{\pi\gamma r^2} \ln \frac{y}{r}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – удельный вес горных пород;  $r$  – радиус верхнего конца целика;  $P_1 = \sigma_0 S$ ;  $\sigma_0$  – горное давление, определя-

емое в четком виде;  $S$  – площадь горизонтального сечения целика.

Тогда, используя уравнение кривой (2), компьютерный метод моделирования [7, 8], основанный на выражении (1), а также метод аналогий с работами [9, 10, 11], окончательно получим нечеткую модель определения формы устойчивого целика в углевмещающих породах:

$$\left\{ \left( \mu(x) / x \right) \mid x = \frac{2S \overset{(nm)}{\sigma}_{33}}{\pi\gamma r^2} \ln \frac{y}{r}, \overset{(nm)}{\sigma}_{33} = \Sigma \right\}, \quad (3)$$

где  $\overset{(nm)}{\sigma}_{33}$  – нечеткая компонента внешнего поля напряжений;  $\Sigma$  – множество допустимых значений  $\overset{(nm)}{\sigma}_{33}$ ;  $\mu(x)$  – гауссовская функция принадлежности с ограниченным носителем [12].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученное решение (3) позволяет определить в нечетком виде форму устойчивого целика, и на его основе можно сделать следующие выводы:

- управляющими параметрами формы устойчивых целиков являются: нечеткое внешнее поле напряжений, действующее на целик, площадь поперечного сечения целика на стыке с кровлей и удельный вес горных пород, составляющих целик;
- форма целика определяется модальным значением нечеткой компоненты внешнего поля напряжений, входящей в итоговое выражение;
- наличие аморфных составляющих в горных породах, слагающих целик, приводит к возникновению неопределенности значений тензорных величин, характеризующих деформационные свойства неоднородностей, что приводит к необходимости использования нечеткого тензорного анализа для определения внешнего поля напряжений.

### Список литературы

1. Cooperative mining technology and strata control of close coal seams and overlying coal pillars / S. Qiang, G. Jialiang, Y. Feng et al. // Alexandria Engineering Journal. 2023. Vol. 73. P. 473-485. DOI: 10.1016/j.aej.2023.04.071.
2. Pseudo-discontinuum model to simulate hard-rock mine pillars / E. Rógenes, A.D.S. Gomes, M.M.D. Farias et al. // Underground Space. 2023. Vol. 11. P. 81-95. DOI: 10.1016/j.undsp.2022.12.002.
3. Qu X., Chen Y., Yin D. Experimental study on progressive failure characteristics of strip coal pillar models under different roof and floor conditions // Case Studies in Construction Materials. 2023. Vol. 18. Article e02147. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02147.
4. Coupling influence of inclination angle and moisture content on mechanical properties and microcrack fracture of coal specimens / L. Chen, D.S. Zhang, N. Yao et al. // Lithosphere, 2021 (Special 7). 2022. Article 6226445. DOI: 10.2113/2022/6226445.
5. Кузин Е.А., Халкечев К.В. Математическая модель определения формы устойчивого целика поликристаллической структуры в углевмещающих породах // Уголь. 2020. № 2. С. 22-25. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-2-22-25.
6. Халкечев П.К. Теория мультифрактального моделирования процессов деформирования и разрушения породных массивов как основа автоматизации технологии буровзрывных работ на уголь-



- ных разрезах // Уголь. 2019. № 11. С. 32-35. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-11-32-34.
7. Халкечева Л.К., Халкечев Р.К. Автоматизированная система мониторинга состояния транспортных берм на предмет оползневой опасности в виде проседания // Уголь. 2022. № 4. С. 50-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-50-52.
  8. Халкечев Р.К., Халкечев К.В. Математическое моделирование неоднородного упругого поля напряжений породного массива кристаллической блочной структуры // Горный журнал. 2016. № 3. С. 200-205. DOI: 10.17580/gzh.2016.03.05.
  9. Chunuev I.K., Levkin Y.M., Bolotbekov Z. Determination of bench, dump and road sliding wedge technological parameters // Mining Science and Technology (Russian Federation). 2021. Vol. 6. P. 31-41. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-1-31-41.
  10. Халкечев К.В., Халкечев Р.К., Левкин Ю.М. Математическая модель поля напряжений в целиках с учетом магистральной трещины на угольных месторождениях // Уголь. 2023. № 7. С. 56-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-56-58.
  11. Халкечев Р.К., Левкин Ю.М., Халкечев К.В. Разработка математической модели поля напряжений в целиках слоистой текстуры на угольных месторождениях // Уголь. 2023. № 8. С. 84-86. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-8-84-86.
  12. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.

## Original Paper

## UNDERGROUND MINING

UDC 622.272:658.012.122:51.001.57 © R.K. Khalkechev, Yu.M. Levkin, K.V. Khalkechev, S.Yu. Kuzmenko, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 61-63  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-61-63>

## Title

## FUZZY MODEL OF THE SHAPE DETERMINING OF A STABLE PILLAR IN COAL-BEARING ROCKS

## Authors

Khalkechev R.K.<sup>1</sup>, Levkin Yu.M.<sup>2</sup>, Khalkechev K.V.<sup>1</sup>, Kuzmenko S.Yu.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, 105064, Russian Federation

<sup>3</sup> K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), Moscow, 109004, Russian Federation

## Authors Information

**Khalkechev R.K.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor at Subdepartment of Infocommunication technologies, e-mail: [syrus@list.ru](mailto:syrus@list.ru)

**Levkin Yu.M.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Member of the Russian Union of Surveyors, e-mail: [lev5353@bk.ru](mailto:lev5353@bk.ru)

**Khalkechev K.V.**, Doctor of Physico-Mathematical Science, Doctor of Engineering Sciences, Professor at Subdepartment of Geology and Mine Surveying, e-mail: [h\\_kemal@mail.ru](mailto:h_kemal@mail.ru)

**Kuzmenko S.Yu.**, PhD (Engineering), Teacher of University College of Information Technology, e-mail: [svetik-semicvetik3@yandex.ru](mailto:svetik-semicvetik3@yandex.ru)

## Abstract

In the presented article, a mathematical model has been developed that makes it possible to determine the shape of the stable pillars. On the one hand, these pillars provide the stability of the mine workings, and on the other, the absence of unjustified losses of mineral resources. Unlike analogues, this model takes into account the presence of crystalline and amorphous textural components in the rocks that make up the pillar. Hereupon, fuzzy tensor analysis is used to determine the value of the external stress field, not classical tensor calculus. It allows to take into account the uncertainty degree of the values characterizing the deformation properties of inhomogeneities. As a result, using the fuzzy external stress field tensor, a mathematical expression was obtained that describes the shape of the pillar. This shape enables to realize a uniform stress distribution throughout the entire volume of rocks. The shape of the pillar is determined by the modal value of the fuzzy component of the external stress field.

## Keywords

Mathematical model, Stability, Coal field, Pillar, External field, Fuzzy tensor, Stress field, Analog method.

## References

1. Qiang S., Jialiang G., Feng Y. & Ruhong B. Cooperative mining technology and strata control of close coal seams and overlying coal pillars. *Alexandria Engineering Journal*, 2023, (73), pp. 473-485. DOI: 10.1016/j.aej.2023.04.071.
2. Rógenes E., Gomes A.D.S., Farias M.M.D. & Rasmussen L.L. Pseudo-discontinuum model to simulate hard-rock mine pillars. *Underground Space*, 2023, (11), pp. 81-95. DOI: 10.1016/j.undsp.2022.12.002.
3. Qu X., Chen Y. & Yin D. Experimental study on progressive failure characteristics of strip coal pillar models under different roof and floor conditions. *Case Studies in Construction Materials*, 2023, (18), Article e02147. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02147.

4. Chen L., Zhang D.S., Yao N., Wang L., Fan G.W., Wang X.F. & Zhang W. Coupling influence of inclination angle and moisture content on mechanical properties and microcrack fracture of coal specimens. *Lithosphere*, 2021 (Special 7), 2022, Article 6226445. DOI: 10.2113/2022/6226445.

5. Kuzin E.A. & Khalkechev K.V. Mathematical model for determining the shape of a stable pillar of a polycrystalline structure in carbon-bearing rocks. *Ugol'*, 2020, (2), pp. 22-25. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-2-22-25.

6. Khalkechev R.K. Multifractal modeling theory of rock mass deformation and destruction as the basis for automation of drilling and blasting technologies in coal open-pit mine. *Ugol'*, 2019, (11), pp. 32-35. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-11-32-35.

7. Khalkecheva L.K. & Khalkechev R.K. Automated monitoring system of transport berms condition for landslide danger in the form of subsidence. *Ugol'*, 2022, (4), pp. 50-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-50-52.

8. Khalkechev R.K. & Khalkechev K.V. Mathematical modeling of non-uniform elastic stress field of a rock mass with crystalline block structure. *Gornyy zhurnal*, 2016, (3), pp. 200-205. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2016.03.05.

9. Chunuev I.K., Levkin Y.M. & Bolotbekov Z. Determination of bench, dump and road sliding wedge technological parameters. *Mining Science and Technology (Russian Federation)*, 2021, (6), pp. 31-41. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-1-31-41.

10. Khalkechev R.K., Khalkechev K.V. & Levkin Yu.M. Mathematical model of the stress field in the pillars with due account taken of the main crack in coal fields. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 56-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-56-58.

11. Khalkechev R.K., Levkin Yu.M. & Khalkechev K.V. Mathematical model development of the stress field in the pillars stratified texture in coal deposits. *Ugol'*, 2023, (8), pp. 84-86. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-8-84-86.

12. Piegat A. Fuzzy modeling and control. Moscow, BINOM. Laboratoria Znaniy Publ., 2013, 798 p. (In Russ.).

## For citation

Khalkechev R.K., Levkin Yu.M., Khalkechev K.V. & Kuzmenko S.Yu. Fuzzy model of the shape determining of a stable pillar in coal-bearing rocks. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 61-63. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-61-63.

## Paper info

Received October 2, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted December 7, 2023

# К вопросу применения принципов бережливого производства в процессе эксплуатации карьерных автосамосвалов на угольных разрезах

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-64-69>

## КУДРЕВАТЫХ А.В.

Канд. техн. наук, доцент,  
заведующий кафедрой  
«Эксплуатация автомобилей»  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650003, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: kav.ea@kuzstu.ru

## ДАДОНОВ М.В.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры «Эксплуатация автомобилей»  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650003, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: dadonovmv@kuzstu.ru

## АЩЕУЛОВ А.С.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры «Эксплуатация автомобилей»  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650003, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: ascheulovas@kuzstu.ru

## КУДРЕВАТЫХ Н.В.

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры «Финансы и кредит»  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650003, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: knv.fk@kuzstu.ru

*Роль технологического автотранспорта в процессе добычи угля открытым способом сложно переоценить. Доля транспортных затрат в общей себестоимости добычи составляет более 50% и с усложнением горно-технических условий может существенно увеличиваться. В таких условиях от эффективности эксплуатации карьерных автосамосвалов зависят технико-экономические показатели всего горнодобывающего предприятия. Использование предприятиями принципов бережливого производства направлено на постоянный анализ эффективности производственных процессов и их совершенствование, так как сама эта концепция сводится к минимизации всех потерь. Для карьерных автосамосвалов, как дорогостоящего технологического оборудования, важнейшим показателем эффективности использования является доля чистого рабочего времени. Любые потери рабочего времени приводят к значительному ее снижению. В данной статье дан последовательный анализ структуры потерь машинного времени как способ оценки эффективности эксплуатации карьерных автосамосвалов на угольных разрезах.*

**Ключевые слова:** бережливое производство, анализ показателей, карьерный самосвал, простои, коэффициент технической готовности, анализ показателей, коэффициент технического использования, наработка, организация процесса.

**Для цитирования:** К вопросу применения принципов бережливого производства в процессе эксплуатации карьерных автосамосвалов на угольных разрезах / А.В. Кудреватых, М.В. Дадонов, А.С. Ащеулов и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 64-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-64-69.

## ВВЕДЕНИЕ

Бережливое производство – это концепция управления предприятием, суть которой сводится к повышению эффективности и конкурентоспособности за счет оптимизации всех процессов и минимизации потерь. Принципы бережливого производства в том или ином объеме используются при управлении предприятиями самых разных сфер во всем мире. Компании, сумевшие внедрить у себя технологии бережливого производства, по праву занимают лидирующие позиции в своей отрасли [1, 2, 3].

Несмотря на общие принципы технологии бережливого производства для любых компаний, сфера их деятельности все равно оказывает значительное влияние на процессы их внедрения и использования. Кузбасс – угольный край, и особая роль в нем отводится угледобывающим предприятиям, угольным шахтам и разрезам. Эффективность работы угледобывающих предприятий во многом определяет эффективность экономики региона, и технологиям бережливого производства здесь уделяется большое внимание [4, 5, 6].

65,7% угля в Кузбассе добывается открытым способом, для которого характерно перемещение огромного количества горной массы с помощью различных видов транспортных средств. Ввиду множества преимуществ наибольшую часть перевозок осуществляют с помощью карьерных автосамосвалов большой и особо большой грузоподъемности. На каждом угольном разрезе имеется свой парк технологического автотранспорта. Эксплуатация большегрузных автосамосвалов сопровождается большими материальными, трудовыми и временными затратами. Даже одна единица техники генерирует весомые затраты на свое содержание. В таких условиях каждое управленческое решение, каждое действие сотрудников предприятия могут обернуться серьезной экономией ресурсов или, наоборот, незапланированными потерями [7, 8, 9].

### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Основными комплексными показателями эффективности эксплуатации большегрузных автосамосвалов являются коэффициент технической готовности  $K_{ТГ}$  и коэффициент технического использования  $K_{ТИ}$ . И тот, и другой показатель позволяют оценить потери машинного времени по тем или иным причинам:

$$K_{ТГ} = \frac{ВТГ}{ФРВ}, \quad (1)$$

$$K_{ТИ} = \frac{ВТИ}{ФРВ}, \quad (2)$$

где ВТГ – время технической готовности, т.е. время нахождения автосамосвала в технически исправном состоянии в течение года; ВТИ – время технического использования, т.е. время выполнения автосамосвалом транспортной работы в течение года; ФРВ – годовой фонд рабочего времени предприятия.

Указанные показатели позволяют оценивать эффективность эксплуатации как всего парка автосамосвалов, так и одного автомобиля за любой промежуток времени или в любой текущий момент [10, 11]. Пример фактических значений коэффициентов технического использования и технической готовности карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях угольного разреза, представлен в *табл. 1*.

Существует понятие нормативного коэффициента технической готовности. Однако его значение зависит от многих факторов, таких как средний возраст подвижного состава, среднесуточная наработка, условия эксплуатации, периодичность и объем планово-профилактических мероприятий и т.д. Поэтому во всех случаях для карьерных автосамосвалов нормативные значения коэффициента технической готовности рассчитываются по формуле:

$$K_{ТГ} = \frac{1}{1 + I_{CC} \left[ \left( \frac{D_{ТО} \cdot K_{ТО}}{l_2} \right) + \left( \frac{D_{ТР}}{L} \right) + \left( \frac{D_{КР} \cdot A_{КР}}{L_{П} \cdot A_{СП}} \right) \right]} \quad (3)$$

где  $A_{СП}$  – списочное количество автомобилей данной марки, ед;  $I_{CC}$  – среднесуточная наработка автомобилей данной марки, км;  $D_{ТО}$  – количество дней, отведенных по норме на проведение всех видов технического обслуживания автомобилей данной марки за год, дней;  $D_{ТР}$  – количество дней, отведенных по норме на проведение работ по текущему ремонту автомобилей данной марки за год, дней;  $D_{КР}$  – количество дней, отведенных по норме на проведение капитального ремонта автомобилей данной марки, дней;  $K_{ТО}$  – коэффициенты использования сменного (рабочего) времени автомобилей;  $l_2$  – периодичность второго технического обслуживания, км;  $A_{КР}$  – число автомобилей, подлежащих капитальному ремонту за рассматриваемый период, ед;  $L_{П}$  – наработка автомобиля данной марки за отчетный период, км;  $L$  – суммарная фактическая наработка автомобилей данной марки за отчетный период, км.

Пример сравнения фактических и нормативных значений коэффициента технической готовности приведен в *табл. 2*.

Коэффициент технического использования кроме потерь машинного времени на проведение планово-профилактических и восстановительных мероприятий учитывает также потери машинного времени непосредственно в эксплуатации, когда технически исправный ав-

Таблица 1

### Фактические значения коэффициентов технического использования технической готовности карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях ООО СП «Барзасское товарищество»

Actual values of availability and utilization rates of mining dump trucks operated in conditions of the Barzasskoye Tovarishchestvo Open Pit LLC

Марка автомобиля	Август 2022		Сентябрь 2022		Октябрь 2022		Ноябрь 2022		Декабрь 2022	
	$K_{ТИ}$	$K_{ТГ}$	$K_{ТИ}$	$K_{ТГ}$	$K_{ТИ}$	$K_{ТГ}$	$K_{ТИ}$	$K_{ТГ}$	$K_{ТИ}$	$K_{ТГ}$
БелАЗ-7555	0,73	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75
БелАЗ-7555D	0,73	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75	0,73	0,75
Komatsu HD-785 (порода)	0,85	0,86	0,85	0,86	0,87	0,88	0,87	0,89	0,87	0,89
Komatsu HD-785 (уголь)	0,85	0,86	0,85	0,86	0,69	0,71	0,69	0,7	0,87	0,88
БелАЗ-75131	0,65	0,68	0,74	0,68	0,76	0,78	0,69	0,72	0,61	0,65

томобиль простаивает по эксплуатационным причинам, таким как отсутствие фронта работ, ремонт экскаватора, повреждение дорожного полотна и т.д. [6, 7]. При идеальной организации перевозок коэффициенты технического использования и технической готовности равны. На практике, как правило, коэффициент технического использования всегда меньше коэффициента технической готовности (см. табл. 1).

Потери машинного времени являются наиболее существенными из всех остальных потерь. Они влекут за собой остальные, в том числе финансовые, потери.

Анализ потерь машинного времени следует начинать с определения величины плановых (нормативных) простоев на каждую единицу технологического автотранспорта. Это простои, связанные с проведением профилактических мероприятий, технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта, установленных заводами-производителями и направленных на поддержание уровня надежности автосамосвалов в промежутках времени между обслуживанием. Отклонения от установленных нормативов в большую сторону говорит о наличии сверхнормативных простоев, которых по принципам бережливого производства быть не должно. Экспертный опрос специалистов, эксплуатирующих карьерные автосамосвалы на угледобывающих предприятиях, показывает, что в качестве основных причин сверхнормативных простоев выступают: недостаточная квалификация ремонтного персонала, нехватка запасных частей и материалов, низкая механизация, плохая организация рабочих мест, некомплектованность штатов, нарушения графика заезда-выезда автосамосвалов и т.д. [12, 13].

Затем необходимо оценить структуру и количество аварийных отказов и связанных с ними аварийных простоев. Потеря работоспособности автосамосвала на линии всегда ведет к нарушению технологических процессов транспортирования. Ввиду стохастического характера

Таблица 2

**Сравнение фактических и нормативных значений коэффициента технической готовности карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях Кедровского угольного разреза**

Comparison of actual and normative values of the availability rates of mining dump trucks operated under the conditions of the Kedrovsky coal strip mine

Марка автомобиля	Коэффициент технической готовности	
	Фактический	Нормативный
БелАЗ-75306	0,741	0,956
БелАЗ-75131	0,730	0,944
БелАЗ-7547	0,800	0,928
Terex NHL TR-1	0,700	0,884
Komatsu HD 785-5	0,750	0,940

процессов изменения технического состояния подвижного состава автомобильного транспорта полностью избавиться от аварийных простоев невозможно. Однако, пользуясь инструментами технической эксплуатации, можно максимально снизить объем аварийных отказов и связанных с ними простоев за счет соразмерного увеличения планово-профилактических работ и простоев в планово-предупредительном ремонте. Очевидно, что работы, проведенные в плановом порядке, занимают значительно меньше времени, чем аналогичные работы, необходимость которых возникла на линии в результате аварийного отказа [10, 11].

На последнем этапе оценки потерь машинного времени необходимо проанализировать структуру и объем простоев автосамосвалов на линии. От этих простоев также необходимо избавляться.

Примеры общей структуры простоев карьерных автосамосвалов, структуры простоев в обслуживании и эксплуатации представлены в табл. 3, 4, а также на рис. 1, 2, 3.

Таблица 3

**Общая структура простоев карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях угольного разреза**

General structure of downtime for mining dump trucks operated in conditions of a coal strip mine

Марка автомобиля	Плановые простои	Аварийные простои	Организационные простои	Прочие простои
БелАЗ-75131	24%	49%	20%	7%
БелАЗ-7555D	29%	23%	14%	34%
Тонар-4525	11%	14%	53%	22%
Komatsu HD 785	34%	22%	34%	10%

Таблица 4

**Распределение январского фонда рабочего времени карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях угольного разреза**

Distribution of the January production hours of mining dump trucks operated in conditions of a coal strip mine

Марка автомобиля	ФРВ январь, ч	Плановые простои, ч	Аварийные простои, ч	Организационные простои, ч	Чистое машинное время работы, ч
БелАЗ-75131	744,00	4,06	126,97	43,28	569,69
БелАЗ-7555D	744,00	13,21	25,43	100,1	605,26
Тонар-4525	744,00	0,01	62,34	95,23	586,42
Komatsu HD-785-7	744,00	11,64	24,36	77,52	630,48

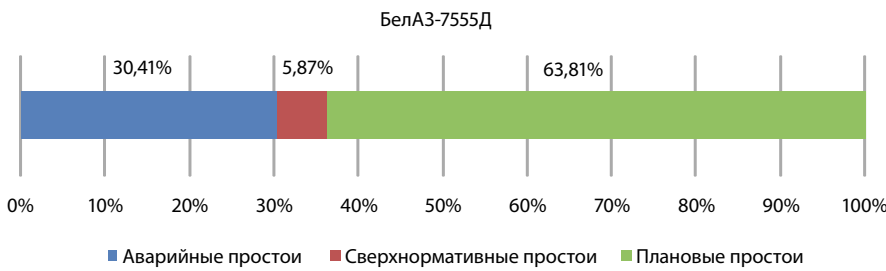


Рис. 1. Структура простоев в обслуживании автосамосвалов БелАЗ-7555Д, эксплуатируемых в условиях угольного разреза

Fig. 1. Structure of the maintenance downtime of BelAZ-7555D dump trucks operated in the conditions of a coal strip mine

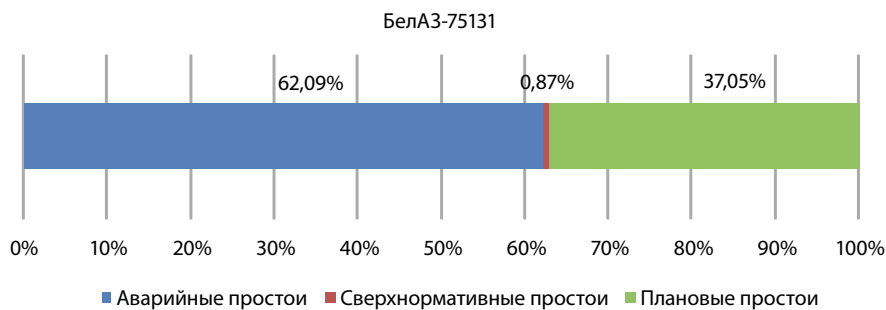


Рис. 2. Структура простоев в обслуживании автосамосвалов БелАЗ-75131, эксплуатируемых в условиях угольного разреза

Fig. 2. Structure of the maintenance downtime of BelAZ-75131 dump trucks operated in the conditions of a coal strip mine

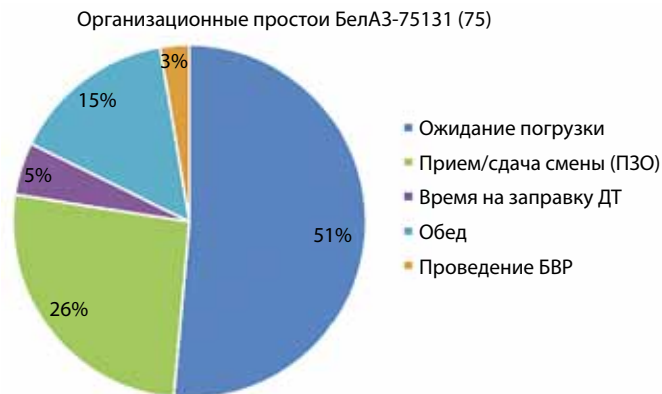
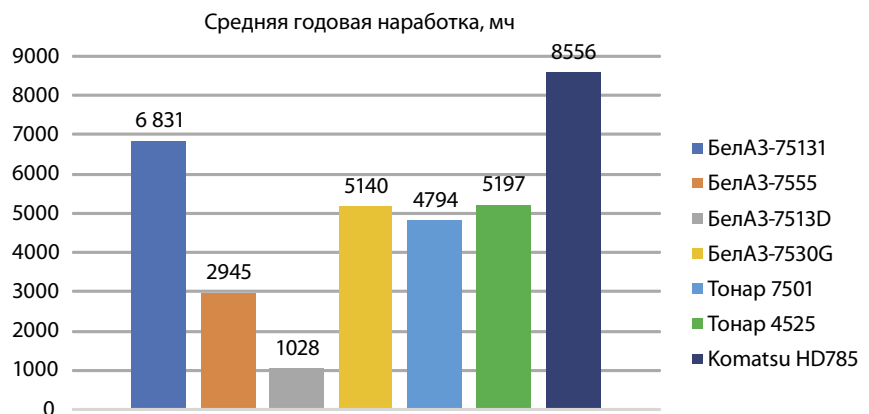


Рис. 3. Структура простоев в эксплуатации автосамосвалов БелАЗ-75131, эксплуатируемых в условиях угольного разреза

Fig. 3. Structure of the operating downtime of BelAZ-75131 dump trucks operated in the conditions of a coal strip mine

Рис. 4. Средняя годовая наработка парка карьерных автосамосвалов в рамках одного предприятия

Fig. 4. Average annual operating time of a fleet of dump trucks within one company



Приведенные примеры потерь показывают достаточно низкую эффективность эксплуатации карьерного технологического автотранспорта на угольных разрезах.

В обслуживании практически у всех марок автомобилей наблюдается большая доля аварийных простоев, что приводит к таким негативным последствиям, как:

- нарушение транспортного процесса;
- увеличенный простой автосамосвала в случае аварийного отказа из-за необходимости буксирования отказавшего автомобиля в зону ремонта, возможного отсутствия необходимых запасных частей и материалов, возможной нехватки в текущем моменте ремонтного персонала и площадей;
- увеличенный объем ремонтно-восстановительных работ, т.к. часто внезапный отказ одной детали, узла или агрегата приводит к взаимосвязанному отказу другой детали, узла или агрегата.

Большой разброс значений средней годовой наработки (рис. 4) подтверждает вывод о низкой эффективности существующей системы эксплуатации, а также применении одних и тех же принципов в организации работы и обслуживания карьерных автомобилей разных моделей, работающих в разных условиях и с разной интенсивностью.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходима реализация индивидуального подхода к процессам эксплуатации каждой единицы карьерного автотранспорта, т.к.:

- одним из приоритетных направлений развития подвижного состава карьерного автотранспорта является увеличение грузоподъемности, что в свою очередь приводит к удорожанию конструкции и эксплуатации;

– различные условия эксплуатации, разная интенсивность и напряженность карьерных автосамосвалов приводят к разной скорости ухудшения технического состояния даже при одинаковой наработке.

Таким образом, анализ потерь машинного времени по приведенным выше трем этапам позволяет произвести экспресс-оценку уровня внедрения принципов бережливого производства в процессы эксплуатации технологических автосамосвалов большой и особо большой грузоподъемности, а также оценить потенциал повышения эффективности и снижения себестоимости их использования.

### Список литературы

1. Beau Keyte, Drew Locher. The Complete Lean Enterprise. Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes. Productivity Press: New York, 2004. 136 p.
2. Chinazirova S.K., Kadakoev R.N., Dzetl R.Ch. Approaches to implementing lean manufacturing in a medical facility // Colloquium Journal. 2020. No 34-2. P. 63-65.
3. Client communications and quality satisfaction in project-based company / S. Titov, E. Nikulchev, I. Brikoshina et al. // Quality – Access to Success. 2020. Vol. 21. No 174. P. 68-71.
4. Shichkov A., Gluhov V. Model and toolkit for the formation of the production enterprise digital platform / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Saint-Petersburg, 21-22 November 2018. Vol. 497. Saint-Petersburg: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012093. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012093.
5. Ефимычев Ю.И., Плехова Ю.О., Шеваров С.В. Реализация принципов бережливого производства на промышленном предприятии // Организатор производства. 2007. № 4. С. 18-21.
6. Иванов К.А. Преобразуем обычное производство в «бережливое». «Бережливое производство»: из цехов автомобилестроительных компаний в офисы // Российское предпринимательство. 2009. № 12-1. С. 68-75.
7. Левинсон У., Рерик Р. Бережливое производство: синергетический подход к сокращению потерь. М.: РИА «Стандарты и качество», 2007.
8. Орлов В.Н., Гниломедова М.П. Бережливое производство как средство повышения эффективности производства и качества продукции // Вестник Курганского государственного университета. Серия: Технические науки. 2010. № 17. С. 171-173.
9. Унанян И.Р. Факторы результативности внедрения бережливого производства // Экономика и эффективность организации производства. 2010. № 12. С. 69-72.
10. Дадонов М.В., Кудреватых А.В., Ащеулов А.С. Формирование «бережливого мышления» у студентов высшего и среднего профессионального образования // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2020. № 4. С. 68-71.
11. Дадонов М.В., Кудреватых А.В., Ащеулов А.С. Формирование «бережливого мышления» у обучающихся автомобильного профиля / Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Новокузнецк, 03-04 декабря 2020 г. Новокузнецк: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. С. 96-98.
12. Göleç A., Maksudunov A. A fuzzy methodology for local entrepreneurial culture evaluation: evidence from post-soviet Kyrgyzstan // South African Journal of Industrial Engineering. 2019. Vol. 30. No 1. P. 110-123. DOI: 10.7166/30-1-1883.
13. Лайкер Джеффри. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 402 с.

Original Paper

UDC 656.13:622.684 © A.V. Kudrevatykh, M.V. Dadonov, A.S. Ashcheulov, N.V. Kudrevatykh, 2024  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 64-69  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-64-69>

### Title

**THE ISSUE OF APPLYING THE PRINCIPLES OF LEAN MANUFACTURING IN THE OPERATION OF DUMP TRUCKS AT COAL MINES**

### Authors

Kudrevatykh A.V.<sup>1</sup>, Dadonov M.V.<sup>1</sup>, Ashcheulov A.S.<sup>1</sup>, Kudrevatykh N.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

### Authors Information

**Kudrevatykh A.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department "Operation of Cars", e-mail: kav.ea@kuzstu.ru

**Dadonov M.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department "Operation of Cars", e-mail: dadonovmv@kuzstu.ru

**Ashcheulov A.S.**, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department "Operation of Cars", e-mail: ascheulovas@kuzstu.ru

**Kudrevatykh N.V.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Finance and Credit, e-mail: knv.fk@kuzstu.ru

### Abstract

The role of technological vehicles in the process of open-pit coal mining is difficult to overestimate. The share of transportation costs in the total cost of production is more than 50% and with the complication of mining conditions can increase significantly. In such conditions, the technical and economic indicators of the entire mining enterprise depend on the efficiency of the operation of quarry dump trucks. The use of lean manufacturing principles by enterprises is aimed at constant analysis of the efficiency of production processes and their improvement, since this concept itself is reduced to minimizing all losses. For quarry dump trucks, as expensive

technological equipment, the most important indicator of the efficiency of use is the share of working time. Any loss of working time leads to a significant reduction in it. This article provides a consistent analysis of the structure of machine time losses as a way to assess the efficiency of operation of dump trucks at coal mines.

### Key words

Lean manufacturing, Performance analysis, Dump truck, Downtime, Technical readiness coefficient, Performance analysis, Technical utilization coefficient, Operating time, Process organization.

SURFACE MINING

## References

1. Beau Keyte & Drew Locher. The Complete Lean Enterprise. Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes. Productivity Press, New York, 2004, 136 p.
2. Chinazirova S.K., Kadakoev R.N. & Dzetl R.Ch. Approaches to implementing lean manufacturing in a medical facility. *Colloquium-Journal*, 2020, (34-2), pp. 63-65.
3. Titov S., Nikulchev E., Brikoshina I. & Suetin A. Client communications and quality satisfaction in project-based company. *Quality – Access to Success*, 2020, Vol. 21, (174), pp. 68-71.
4. Shichkov A., Gluhov V. Model and toolkit for the formation of the production enterprise digital platform. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Saint-Petersburg, 21–22 November 2018. Vol. 497. Saint-Petersburg, Institute of Physics Publishing, 2019, pp. 012093. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012093.
5. Efimychev Yu.I., Plekhova Yu.O. & Shevarov S.V. Implementation of the principles of lean production at an industrial enterprise. *Organizer of production*, 2007, № 4, pp. 18-21. (In Russ.).
6. Ivanov K.A. Transform conventional production into "lean". "Lean production": from workshops of automotive companies to offices. *Russian Entrepreneurship*, 2009, (12-1), pp. 68-75. (In Russ.).
7. Levinson U. & Rerik R. Lean manufacturing: a synergetic approach to reducing losses. Moscow, RIA "Standards and Quality" Publ., 2007. (In Russ.).
8. Orlov V.N. & Gnilomedova M.P. Lean production as a means of increasing production efficiency and product quality. *Bulletin of Kurgan State University. Series: Technical Sciences*, 2010, (17), pp. 171-173. (In Russ.).
9. Unanyan I.R. Factors of efficiency of lean manufacturing implementation. *Economics and efficiency of production organization*, 2010, (12), pp. 69-72. (In Russ.).
10. Dadonov M.V., Kudrevatykh A.V. & Ashcheulov A.S. Formation of "lean thinking" among students of higher and secondary vocational education. *Professional education in Russia and abroad*, 2020, (4), pp. 68-71. (In Russ.).
11. Dadonov M.V., Kudrevatykh A.V. & Ashcheulov A.V. Formation of "lean thinking" among students of the automotive profile. Issues of modern science: problems, trends and prospects. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference, Novokuznetsk, 03-04 December 2020. Novokuznetsk, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2020, pp. 96-98. (In Russ.).
12. Göleç A., Maksudunov A. A fuzzy methodology for local entrepreneurial culture evaluation: evidence from post-soviet Kyrgyzstan. *South African Journal of Industrial Engineering*, 2019, Vol. 30, (1), pp. 110-123. DOI: 10.7166/30-1-1883.
13. Jeffrey's Liker. *Dao Toyota: 14 principles of management of the world's leading company*. Moscow, Alpina Business Books Publ., 2005, 402 p. (In Russ.).

## For citation

Kudrevatykh A.V., Dadonov M.V., Ashcheulov A.S. & Kudrevatykh N.V. The issue of applying the principles of lean manufacturing in the operation of dump trucks at coal mines. *Ugol*, 2024, (1), pp. 64-69. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-64-69.

## Paper info

Received August 14, 2023

Reviewed November 13, 2023

Accepted December 7, 2023

## СУЭК стала победителем Национальной экологической премии



В Москве прошла церемония награждения победителей XXI Национальной экологической премии им. В.И. Вернадского. Признанный лидер в сфере устойчивого развития, компания СУЭК, стала победителем этой престижной премии. В 2023 г. на Конкурс было подано 374 проекта из 66 регионов России. Жюри отобрало лучшие проекты в сфере охраны окружающей среды, энерго- и ресурсосбережения, развития экологической культуры и образования. Лауреатами Премии стали проекты, доказавшие свою эффективность и имеющие реальные практические результаты.

СУЭК стала победителем в номинации «Просвещение как путь к устойчивому развитию» за проект «Экологический марафон Зубочистка». В ходе этих экомарафонов, созданных и организуемых СУЭК-Кузбасс, волонтеры очищают от мусора туристический район Поднебесные Зубья, прилегающий к государственному природному заповеднику «Кузнецкий Алатау».

Деятельность СУЭК в области устойчивого развития и экологии, в частности, на протяжении многих лет получает наивысшие оценки от профессионального сообщества и общества. Компания входит в рейтинг А+ проекта «Лидеры корпоративной благотворительности», традиционно возглавляет все рэнкинги и побеждает во всех ведущих общественных и профессиональных конкурсах в области устойчивого развития.



# Оценка эффективности смачиваемости угольной пыли при разных температурах растворов

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-70-75>

## ПЕРНЕБЕК Б.П.

Аспирант НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: pbektur@mail.ru

## СЕМЕНОВ Ю.В.

Канд. техн. наук,  
доцент НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: 7231234@bk.ru

## РЫБИЧЕВ А.А.

Аспирант НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: rybichev@yandex.ru

## КОЗЛОВА Л.О.

Ассистент НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: voloshenyuklyubov@gmail.com

Актуальность проблемы обоснована необходимостью совершенствования противопылевого комплекса мероприятий, повышением эффективности которых является химреагентная обработка воды. Проведены исследования смачиваемости угольной пыли пластов марок Ж, ГЖ, Б. По результатам времени осаждения, смачиваемость пыли бурых углей растворами поверхностно-активных веществ лучше от двух до пяти раз смачиваемости этими же растворами пыли каменных углей марок Ж, ГЖ. Сорбция смачивателя пылью каменных углей при концентрациях смачивателя от 0,3 до 1% происходила ниже максимально возможной по сорбционной емкости смачивателя угольной пылью. Для температур растворов смачивателя от 5 до 60°C установлено, что поверхностное натяжение во всем диапазоне исследуемых температур снижается в 1,12 раза, а при увеличении концентрации смачивателя от 0 до 3,5% поверхностное натяжение снижается в 1,6 раза, т.е. влияние концентрации на снижение поверхностного натяжения в 1,5 раза эффективнее по сравнению с увеличением температуры смачивателя. Полученные результаты можно использовать для оценки растворов, планируемых для термовлажностной химреагентной обработки угольной массы с целью связывания пыли.

**Ключевые слова:** угольная пыль, смачиваемость пыли, поверхностное натяжение, краевой угол смачивания, теплота смачивания, концентрация, время осаждения пыли.

**Для цитирования:** Оценка эффективности смачиваемости угольной пыли при разных температурах растворов / Б.П. Пернебек, Ю.В. Семенов, А.А. Рыбичев и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 70-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-70-75.

## ВВЕДЕНИЕ

Каменный уголь, наряду с бурым, остается в современной экономике мира стратегическим ресурсом, наращивание объемов добычи которого наблюдается и планируется как в нашей стране, так и в других угледобывающих странах мира [1, 2, 3]. Основными негативными факторами, сопровождающими технологические процессы, связанные с добычей угля, его транспортировкой, погрузочно-разгрузочными работами, хранением и переработкой углей, являются выделение значительного количества метана и пылеобразование с последующим пылевыделением и пылеотложением [4, 5]. Для угольных шахт это чревато возникновением рисков вспышек, взрывов пылеметановоздушных смесей, пожаров [6, 7], для окружающей среды – парниковым эффектом, загрязнением земельных и водных объектов [8].

Поскольку уголь является гидрофобным веществом и плохо смачивается водой, то для снижения содержания пыли при технологических процессах по добыче и переработке углей используют пылеподавляющие растворы раз-



ного состава [9, 10]. Целью исследования является оценка эффективности смачивания каменных и бурых углей в зависимости от концентрации и температуры раствора смачивателя.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Смачивание является разновидностью сорбционно-адгезионного взаимодействия на границах раздела трех фаз: жидкости, газа и твердого тела [11, 12, 13]. Если межфазное (молекулярное) сцепление между твердым телом и жидкостью больше межмолекулярного взаимодействия в жидкости, то произойдет смачивание поверхности твердого тела. Уменьшение пыления угольной массы можно обеспечить за счет применения смачивающих добавок к основному веществу (воде) [14, 15, 16]. При этом уменьшаются величины краевого угла ( $\theta$ ) и теплоты смачивания ( $W$ ), определяемые соотношениями по закону Юнга (1) и уравнению Думанского А.В (2):

$$\sigma_{\text{тг}} = \sigma_{\text{тж}} + \sigma_{\text{жг}} \cos\theta, \tag{1}$$

где  $\sigma_{\text{тг}}$ ,  $\sigma_{\text{тж}}$ ,  $\sigma_{\text{жг}}$  – поверхностные натяжения на границах раздела твердое тело – газ; твердое тело – жидкость; жидкость – газ;  $\theta$  – краевой угол в системе твердое тело – жидкость – газ.

$$W = S\sigma_{\text{тж}} \cos\theta, \tag{2}$$

где  $S$  – площадь смачиваемой поверхности.

Теплота смачивания – это энергия, которая выделяется в виде тепла (процесс экзотермический) и равна разности поверхностной энергии при смачивании и до него. Теплота смачивания характеризует интенсивность взаимодействия сухого твердого вещества с жидкостью. Если вещество не смачивается ( $\theta > 90$  градусов), то тепло поглощается и  $W < 0$ .

Смачивающие добавки увеличивают эту интенсивность. При этом растет скорость процесса уменьшения пыления, и уменьшается его время.

В соответствии с законом сохранения энергии уменьшение поверхностной энергии системы сопровождается превращением ее в другие виды энергии. Таким образом, величина поверхностной энергии определяет неравновесное состояние и нестабильность системы.

Появление пыли является одним из проявлений такого отсутствия равновесия и протекания быстрых и часто весьма вредных процессов, препятствующих нормальному ведению технологических процессов и ухудшающих общее экологическое состояние.

Для проведения экспериментальных исследований по оценке эффективности смачивания были выбраны каменные угли средней стадии метаморфизма (марки Ж, ГЖ) и бурые угли (марка Б). Характеристика исследуемых углей представлена в *табл. 1*.

Были подготовлены пробы угольной пыли (К1-К5) размером 0,5-1,0 мм. Масса одной пробы составляла 1 г. В качестве смачивателя использовался смачиватель СП-01 (ТУ 2481-002-95498669-2008). Физико-технические характеристики смачивателя СП-01: внешний вид – однородная жидкость без осадка и расслоения; плотность при 20°С – 1050 кг/м<sup>3</sup>; кинематическая вязкость чистого смачивателя при 20°С – 53,56 мм<sup>2</sup>/с; кинематическая вязкость 0,5%-раствора при 20°С – 0,8832 мм<sup>2</sup>/с; водородный показатель (рН) водного раствора с массовой долей продукта 1% – 7,0-10,0; температура застывания – минус 3°С; поверхностное натяжение водного раствора смачивателя – 39,24 мН/м.

Результаты смачивания угольной пыли при различных концентрациях смачивателя представлены в *табл. 2* и на *рис. 1*.

Из анализа данных, представленных на *рис. 1*, следует, что время осаждения пыли бурых углей меньше, чем для пыли каменных – от 2 до 5 раз, причем, если время осаждения пыли бурых углей уменьшается в 1,5 раза при увеличении концентрации смачивателя от 0,3 до 1%, то для пыли каменных углей уменьшение этого времени равно 2,5 раза. Это может свидетельствовать о том, что сорбция смачивателя пылью каменных углей при концентрациях смачивателя от 0,3 до 1% происходила ниже максимально возможной по сорбционной емкости смачивателя угольной пылью.

Для дальнейших исследований была выбрана пыль бурых углей, размер фракций составлял до 43 мкм, масса одной пробы пыли равнялась 1 г. Были выбраны концентрации смачивателя, удовлетворяющие сорбционной емкости пыли в отношении поверхностно-активных веществ. Температура раствора смачивателя составляла:

Таблица 1

**Качественные показатели углей**

Coal quality indicators

Образцы углей	Марка угля	Влажность угля, %	Выход летучих веществ, %	Зольность, %	Содержание серы, %	Теплотворная способность, кДж/кг (ккал/кг)
K1	Ж	2,4	30,9	5,0	0,44	36317,12 (8680)
K2	Ж	2,8	32,1	8,3	0,48	35480,32 (8480)
K3	ГЖ	4,0	41,7	37,8	0,3	26986,8 (6450)
K4	ГЖ	4,11	41,7	29,0	0,3	26986,8 (6450)
K5	Б	7,8	46,82	10,40	0,71	24175 (5774)

**Время осаждения пыли в растворе смачивателя, секунды**

Dust settling time in wetting agent solution, seconds

Образцы углей	Концентрация смачивателя, %			
	0	0,3	0,5	1,0
К1 (марка Ж)	Не оседает	25	15	10
К2 (марка Ж)	Не оседает	12	10	6,65
К3 (марка ГЖ)	Не оседает	10	8	6
К4 (марка ГЖ)	Не оседает	25	20	15
К5 (марка Б)	Нет данных	7	5,63	4,65

60, 40, 22 и 5°С. По значениям времени осаждения пыли (см. табл. 2) и формулам (1) и (2) рассчитаны: краевой угол смачивания, теплота смачивания и поверхностное натяжение (табл. 3). Величина поверхностного натяжения для воды принимается равной 73 мН/м, средняя теплота смачивания угля водой принимается равной 11,6 кал/г ( $48,53 \cdot 10^{-3}$  Дж/кг).

Важным выводом из анализа данных табл. 2 следует тот факт, что в чистой воде пыль бурых углей не оседает, и только при температуре воды 60°С пыль оседает в течение одного часа, что свидетельствует о необходимости добавления в воду поверхностно-активных веществ.

Из анализа графических зависимостей (рис. 2) следует, что в диапазоне исследованных значений концентра-

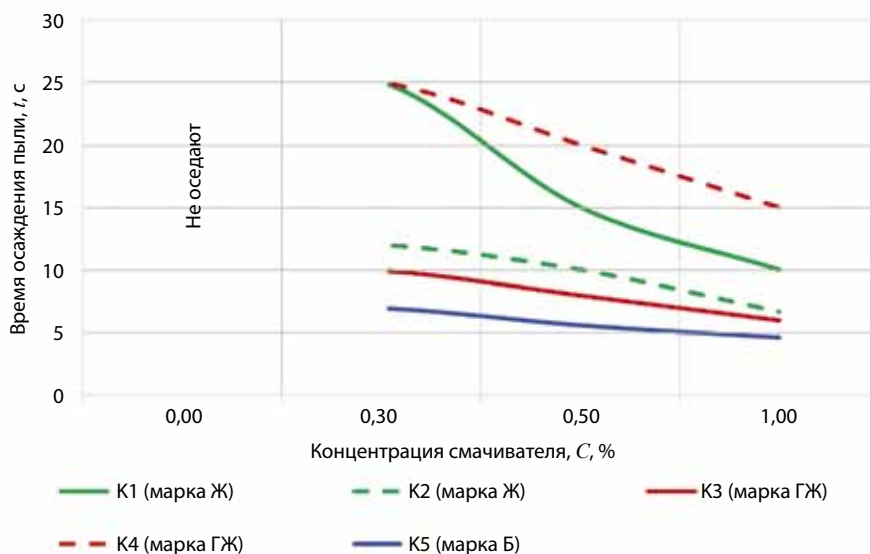


Рис. 1. Зависимость времени осаждения пыли от концентрации смачивателя  
Fig. 1. Dependence of the dust settling time on concentration of the wetting agent

**Результаты расчета характеристик обработки угольной пыли при применении смачивающих добавок**

Results of calculating the characteristics of coal dust processing when wetting agents are used

Температура раствора, Т		Концентрация смачивателя, С, %	Время смачивания, t, с	Теплота смачивания, W·10 <sup>3</sup> , Дж/кг	Краевой угол смачивания, θ, градус	Поверхностное натяжение раствора, σ, мН/м
°С	К					
60	333	0	3600	3,26	89	67,17
40	313	0	н/см	-20,38	94	69,55
22	295	0	н/см	-58,16	101	72,75
5	278	0	н/см	-76,57	104	75,62
60	333	1,5	28,9	53,55	58,3	58,7
40	313	1,5	34,4	57,74	62	60,1
22	295	1,5	35,2	67,36	62,5	60,9
5	278	1,5	36	70,29	63	62,1
60	333	2,5	29,8	41,21	59	52,43
40	313	2,5	26	40,58	55	51,5
22	295	2,5	28,5	56,90	58	55,2
5	278	2,5	37,1	53,55	64	69,2
60	333	3,5	10,1	35,98	28	41,6
40	313	3,5	16,2	30,96	30,6	42,8
22	295	3,5	16	27,82	30,5	42,5
5	278	3,5	22,3	35,15	42	49,8

Примечание: н/см – не смачивается.

ций и температур смачивателя концентрация является более сильным фактором для снижения поверхностного натяжения по сравнению с температурным фактором.

При увеличении температуры от 5 до 60°C поверхностное натяжение снижается в 1,12 раза, а при увеличении концентрации смачивателя от 0 до 3,5% поверхностное натяжение снижается в 1,6 раза, т.е. в указанном диапазоне температур и концентраций влияние концентрации на снижение поверхностного натяжения в 1,5 раза эффективнее по сравнению с увеличением температуры смачивателя.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проблеме борьбы с угольной пылью на горно-добывающих и горно-перерабатывающих предприятиях гидрообеспыливание является основой противопылевого комплекса мероприятий, повышением эффективности которых является химреагентная обработка воды [17, 18, 19]. Проведены исследования смачиваемости угольной пыли пластов марок Ж, ГЖ, Б. По результатам времени осаждения, смачиваемость пыли бурых углей растворами поверхностно-активных веществ лучше от двух до пяти раз смачиваемости этими же растворами пыли каменных углей марок Ж, ГЖ. Сорбция смачивателя пылью каменных углей при концентрациях смачивателя от 0,3 до 1% происходила ниже максимально возможной по сорбционной емкости смачивателя угольной пылью.

Проведены исследования по оценке эффективности смачиваемости угольной пыли растворами смачивателя с температурой от 5 до 60 °С. Установлено, что поверхностное натяжение во всем диапазоне исследуемых температур снижается в 1,12 раза, а при увеличении концентрации смачивателя от 0 до 3,5% поверхностное натяжение снижается в 1,6 раза, т.е. в указанном диапазоне температур и концентраций влияние концентрации на снижение поверхностного натяжения в 1,5 раза эффективнее по сравнению с увеличением температуры смачивателя. Полученные результаты можно использовать для оценки растворов, планируемых для термовлажностной химреагентной обработки угольной массы с целью связывания пыли.

### Список литературы

1. Methods and Tools for Developing an Organization Development Strategy / V. Kukartsev, E. Shutkina, K. Moiseeva et al. // 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS). 2022, pp. 1-8. DOI: 10.1109/IEMTRONICS55184.2022.9795707э.
2. Prediction of Critical Filling of a Storage Area Network by Machine Learning Methods / I.S. Masich, V.S. Tynchenko, V.A. Nelyub et al. // *Electronics*. 2022;11(24):4150. DOI: 10.3390/electronics11244150.
3. Обеспечение пылевзрывобезопасности подземных горных выработок в угольных шахтах: методы и современные тенденции / А.В. Корнев, А.А. Спицын, Г.И. Коршунов и

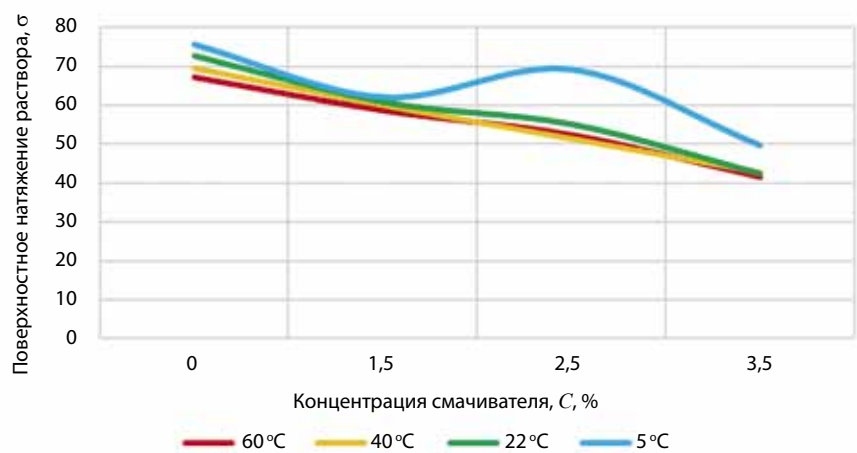


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора смачивателя при разных температурах раствора

Fig. 2. Dependence of the surface tension on concentration of the wetting agent solution at different solution temperatures

- др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 3. С. 133-149. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-3-0-133.
4. Kabanov E.I., Korshunov G.I., Magomet R.D. Quantitative risk assessment of miners injury during explosions of methane-dust-air mixtures in underground workings // *Journal of Applied Science and Engineering*. 2020;24(1):105-110. DOI: 10.6180/jase.202102\_24(1).0014.
5. Influence of Molasses on the Explosion and Decomposition Properties of the Coal Dust Deposited in Underground Mines / J. Liu, M. Lin, L. Jin et al. // *Energies*. 2023;16(6):2758. DOI: 10.3390/en16062758.
6. Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Научно обоснованные технологические решения по снижению аэрологических рисков на действующих и проектируемых угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 2. С. 139–151. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-2-0-139.
7. Баловцев С.В. Оценка схем вентиляции с учетом горно-геологических и горнотехнологических условий отработки угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 6. С. 173-183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-173-183.
8. Управление экологическими рисками на горнодобывающих предприятиях / О.М. Зиновьева, Л.А. Колесникова, А.М. Меркулова и др. // *Уголь*. 2022. № 3. С. 76-80. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-76-80.
9. Оценка прогнозной запыленности в забоях угольных шахт с учетом особенностей смачиваемости угольной пыли / А.В. Корнев, Н.В. Ледяев, Е.И. Кабанов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6–2. С. 115-134. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-62-0-115.
10. Experimental study on the prevention of coal mine dust with biological dust suppressant / G. Shi, J. Qi, Y. Wang et al. // *Powder Technology*. 2021. 391. P. 162-172. DOI: 10.1016/j.powtec.2021.05.096.
11. Математическое моделирование массопереноса в коллоидных системах / А.Э. Филин, С.В. Тertyчная, И.Ю. Курносов и др. // *Уголь*. 2023. № 5. С. 72-76. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-72-76.
12. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines / V. Rodionov,

- M. Tumanov, I. Skripnik et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 981(3). 032024. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032024.
13. Prerequisites for applying the risk-based approach to assessing the explosive and fire hazardous properties of underground mining materials / V. Rodionov, I. Skripnik, T. Kaverzneva et al. // E3S Web of Conferences. 2023. 417. 05013. DOI: 10.1051/e3sconf/202341705013.
  14. Assessment of Water Retention Capacity of Non-Ionic and Anionic Fluorinated Dust Suppressants on Coal Dust / K. Wang, M. Xu, B. Zhou et al. // *Applied Sciences*. 2023;13(16):9118. DOI: 10.3390/app13169118.
  15. Experimental Study on Migration and Intrusion Characteristics of Pulverized Coal in Propped Fractures / Q. Zhu, L. Yin, Q. Huang et al. // *Processes*. 2023;11(7):2074. DOI: 10.3390/pr11072074.
  16. Study on Atomization and Dust Reduction Mechanisms of AEO-9-Charged Solution / L. Sun, S. Ge, X. Chen et al. // *Energies*. 2023;16(6):2800. DOI: 10.3390/en16062800.
  17. Ганова С.Д., Скопинцева О.В., Исаев О.Н. К вопросу исследования состава углеводородных газов угольных пластов и пыли с целью возможного прогнозирования их потенциальной опасности // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2019. Т. 330. № 6. С. 109-115. DOI: 10.18799/24131830/2019/6/2132.
  18. Рыбичев А.А. К вопросу оценки влияния тяжелых углеводородов на взрывчатость пылеметановоздушных смесей // *Уголь*. 2023. № 2. С. 41-44. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-41-44.
  19. Павленко М.В., Скопинцева О.В. О роли капиллярных сил при вибровоздействии на гидравлически обработанный газонасыщенный угольный массив // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 3. С. 43-50. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-43-50.

## Original Paper

UDC 622.807 © B.P. Pernebek, Yu.V. Semenov, A.A. Rybichev, L.O. Kozlova, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 70-75  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-70-75>

## Title

## ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WETTIBILITY OF COAL DUST AT DIFFERENT SOLUTION TEMPERATURES

## Authors

Pernebek B.P.<sup>1</sup>, Semenov Yu.V.<sup>1</sup>, Rybichev A.A.<sup>1</sup>, Kozlova L.O.<sup>1</sup>

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

## Authors Information

**Pernebek B.P.**, Postgraduate Student, e-mail: pbektur@mail.ru

**Semenov Yu.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor, e-mail: 7231234@bk.ru

**Rybichev A.A.**, Postgraduate Student, e-mail: rybichev@yandex.ru

**Kozlova L.O.**, Assistant, e-mail: voloshenyuklyubov@gmail.com

## Abstract

The urgency of the problem is justified by the need to improve the anti-dust complex of measures, the effectiveness of which is increased by chemical treatment of water. Studies have been carried out on the wettability of coal dust from seams of grades Zh, GZh, B. Based on the results of sedimentation time, the wettability of brown coal dust with solutions of surfactants is 2 to 5 times better than the wettability of coal dust of grades Zh, GZh with the same solutions. Sorption of the wetting agent by coal dust at wetting agent concentrations from 0.3% to 1% occurred below the maximum possible sorption capacity of the wetting agent by coal dust. For temperatures of wetting agent solutions from 5 to 60 °C, it was found that surface tension in the entire range of temperatures studied decreases by 1.12 times, and with an increase in wetting agent concentration from 0 to 3.5%, surface tension decreases by 1.6 times, the effect of concentration on reducing surface tension is 1.5 times more effective compared to increasing the temperature of the wetting agent. The results obtained can be used to evaluate solutions planned for thermal-humidity chemical treatment of coal mass for the purpose of dust binding.

## Keywords

Coal dust, Dust wettability, Surface tension, Contact angle, Heat of wetting, Concentration, Dust deposition time.

## References

1. Kukartsev V., Shutkina E., Moiseeva K., Korpacheva L. & Kireev T. Methods and Tools for Developing an Organization Development Strategy. 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS). 2022, pp. 1-8. DOI: 10.1109/IEMTRONICS55184.2022.9795707.

2. Masich I.S., Tynchenko V.S., Nelyub V.A., Bukhtoyarov V.V., Kurashkin S.O., Gantimurov A.P. & Borodulin A.S. Prediction of Critical Filling of a Storage Area Network by Machine Learning Methods. *Electronics*, 2022;11(24):4150. DOI: 10.3390/electronics11244150.

3. Kornev A.V., Spitsyn A.A., Korshunov G.I. & Bazhenova V.A. Preventing dust explosions in coal mines: Methods and current trends. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2023;(3):133-149. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-3-0-133.

4. Kabanov E.I., Korshunov G.I. & Magomet R.D. Quantitative risk assessment of miners injury during explosions of methane-dust-air mixtures in underground workings. *Journal of Applied Science and Engineering*, 2020;24(1):105-110. DOI: 10.6180/jase.202102\_24(1).0014.

5. Liu J., Lin M., Jin L., Li G., Ou S., Wang Y., Wang T., Jueraiti M., Tian Y. & Wang J. Influence of Molasses on the Explosion and Decomposition Properties of the Coal Dust Deposited in Underground Mines. *Energies*, 2023;16(6):2758. DOI: 10.3390/en16062758.

6. Balovtsev S.V. & Skopintseva O.V. Science-based technological solutions for aerological risks reducing in operating and designing coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2023;(2):139-151. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-2-0-139.

7. Balovtsev S.V. Assessment of ventilation circuits with regard to geological and geotechnical conditions of coal seam mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2019;(6):173-183. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-173-183.

8. Zinovieva O.M., Kolesnikova I.A., Merkulova A.M. & Smirnova N.A. Environmental risk management at mining enterprises. *Ugol'*, 2022, (3), pp. 76-80. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-76-80.

9. Kornev A.V., Ledyayev N.V., Kabanov E.I. & Korneva M.V. Estimation of predictive dust content in the faces of coal mines taking into account the peculiarities of the wettability of coal dust. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2022;(6-2):115-134. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-62-0-115.

10. Shi G., Qi J., Wang Y. & Liu S. Experimental study on the prevention of coal mine dust with biological dust suppressant. *Powder Technology*, 2021, (391), pp. 162-172. DOI: 10.1016/j.powtec.2021.05.096.

11. Filin A.E., Tertychnaya S.V., Kurnosov I.Yu. & Kolesnikova L.A. Mathematical modeling of mass transfer in colloidal systems. *Ugol'*, 2023, (5), pp. 72-76. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-72-76.

## SAFETY

12. Rodionov V., Tumanov M., Skripnik I., Kaverzneva T. & Pshenichnaya C. Analysis of the fractional composition of coal dust and its effect on the explosion hazard of the air in coal mines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, 981(3), 032024. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032024.
13. Rodionov V., Skripnik I., Kaverzneva T., Zhikharev S., Kriklyvy S. & Panov S. Prerequisites for applying the risk-based approach to assessing the explosive and fire hazardous properties of underground mining materials. *E3S Web of Conferences*, 2023, (417), 05013. DOI: 10.1051/e3sconf/202341705013.
14. Wang K., Xu M., Zhou B., Yang M., Li X. & Yue Q. Assessment of Water Retention Capacity of Non-Ionic and Anionic Fluorinated Dust Suppressants on Coal Dust. *Applied Sciences*, 2023;13(16):9118. DOI: 10.3390/app13169118.
15. Zhu Q., Yin L., Huang Q., Wang E. & Hou Z. Experimental Study on Migration and Intrusion Characteristics of Pulverized Coal in Propped Fractures. *Processes*, 2023;11(7):2074. DOI: 10.3390/pr11072074.
16. Sun L., Ge S., Chen X. & Liu S. Study on Atomization and Dust Reduction Mechanisms of AEO-9-Charged Solution. *Energies*, 2023;16(6):2800. DOI: 10.3390/en16062800.
17. Ganova S.D., Skopintseva O.V. & Isaev O.N. On the issue of studying the composition of hydrocarbon gases of coals and dust to predict their

potential hazard. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 2019, Vol. 330, (6), pp. 109-115. (In Russ.). DOI: 10.18799/24131830/2019/6/2132.

18. Rybichev A.A. On the question of evaluation of the influence of heavy hydrocarbons on the explosibility of dust-methane-air mixtures. *Ugol'*, 2023, (2), pp. 41-44. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-41-44.

19. Pavlenko M.V. & Skopintseva O.V. Role of capillary forces in vibratory action on hydraulically treated gas-saturated coal. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2019;(3):43-50. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-43-50.

#### For citation

Pernebek B.P., Semenov Yu.V., Rybichev A.A. & Kozlova L.O. Assessment of the effectiveness of wettability of coal dust at different solution temperatures. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 70-75. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-70-75.

#### Paper info

Received October 30, 2023

Reviewed November 13, 2023

Accepted December 7, 2023

Оригинальная статья

УДК 622, 658.5, 614.8 © Н.М. Арефьева, Е.А. Щербакова, 2024

## Оценка психосоциальных рисков на угледобывающих предприятиях

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-75-79>

Анализ характерных для угольной промышленности психосоциальных факторов риска, приведенный в статье, направлен на выявление наиболее распространенных у работников металлургической и угольной промышленности психосоциальных факторов риска. В целях идентификации психосоциальных факторов риска разработан опросный лист для работников предприятия угольной промышленности. Приведены результаты исследования мнения работников угледобывающих предприятий различных возрастных категорий, стажа работы в отрасли, а также различной гендерной принадлежности и ролей в компании. На основе полученных данных установлен ряд характерных психосоциальных факторов риска для работников угольной промышленности, даны рекомендации по улучшению условий труда.

**Ключевые слова:** психосоциальные факторы, психосоциальный риск, системы управления, системы менеджмента, интегрированные системы управления, человеческий фактор, управление риском.

**Для цитирования:** Арефьева Н.М., Щербакова Е.А. Оценка психосоциальных рисков на угледобывающих предприятиях // Уголь. 2024. № 1. С. 75-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-75-79.

#### АРЕФЬЕВА Н.М.

Аспирант НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: m2109386@edu.misis.ru

#### ЩЕРБАКОВА Е.А.

Аспирант НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: shcherbakova.ea@mail.ru

### ВВЕДЕНИЕ

Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года (Распоряжение Правительства РФ от 13.06.2020 № 1582-р) направлена на обеспечение дальнейшего улучшения условий труда, повышение безопасности

ведения горных работ, снижение аварийности и травматизма в угольной промышленности. В целях снижения уровня производственного травматизма на предприятиях отрасли внедряется инновационная система управления промышленной безопасностью и охраной труда. Важная роль уделяется анализу и оценке рисков, в том числе психосоциальных, возникающих в рамках производственной деятельности, их воздействию на трудящихся, поиску возможных мер противодействия существующим рискам [1, 2, 3].

Уровень психического здоровья человека в каждый данный момент времени определяется многочисленными социальными, психологическими и биологическими факторами. Так, например, устойчивое социально-экономическое давление признается фактором риска для психического здоровья отдельных людей и сообществ. Данные по причинам возникновения психосоциальных рисков, установленные в рамках многочисленных исследований Международной организации труда тесно связаны с показателями нищеты, включая низкий уровень образования трудящихся, а также с социальными изменениями, стрессовыми условиями на работе, гендерной дискриминацией, социальным отчуждением, нездоровым образом жизни, рисками насилия и физического нездоровья, а также с нарушениями прав человека [4, 5, 6].

В сфере труда проблема психического нездоровья является как никогда актуальной, так как стресс, представляя собой болезненную физическую и эмоциональную реакцию, вызванную нарушением равновесия между осознаваемыми требованиями и имеющимися ресурсами, и способностями людей удовлетворять этим требованиям, является причиной, провоцирующей возникновение пси-

хических и физиологических заболеваний, а также способствующей общему ухудшению здоровья трудящихся.

### ОЦЕНКА ПСИХОСОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА В УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

На предприятиях угольной отрасли (шахтах, разрезах, углеперерабатывающем комплексе) условия труда на рабочих местах характеризуются наличием ряда факторов, оказывающих негативное влияние на организм человека, к числу которых относятся угольная и породная пыль, шум, вибрация, резкие перепады температур, повышенная влажность воздуха, необходимость работы в вынужденной позе, вредные газы и др. Воздействие этих факторов вызывает профессиональные заболевания работников угольной промышленности [7, 8, 9]. Однако исследований уровня психосоциальных рисков крайне мало, что не исключает их наличия. Сочетанное, комплексное воздействие различных факторов риска обуславливает возникновение и развитие психосоциальных факторов риска на рабочих местах. Психологическая безопасность работника является необходимым условием, повышающим эффективность внедрения инновационных процессов в деятельность современных организаций.

В табл. 1 представлены психосоциальные факторы, которые наиболее часто выделяют современные исследователи [10, 11, 12, 13, 14]. Данные факторы можно разделить по принципу возможности управления.

В целях идентификации психосоциальных рисков в рамках настоящего исследования была разработана анкета для работников угольной отрасли, представленная в виде табл. 2.

Таблица 1

### Психосоциальные факторы рабочей среды Psychosocial factors of the working environment

Категория	Условия, определяющие риск
<b>Содержание труда</b>	
Производственная среда и оборудование	Проблемы надежности, наличия, пригодности и обслуживания (ремонта) оборудования и помещений
Характер функций	Монотонная или повторяющаяся, фрагментированная или бессмысленная работа, а также работа, характеризующаяся недоиспользованием навыков и высокой степенью неопределенности
Нагрузка / темп работы	Перегрузка или недозагрузка, неконтролируемый темп, крайне сжатые сроки
График работы	Сменная работа, жесткий график работы, непредсказуемая продолжительность рабочего дня, работа длительное время без возможности общаться
<b>Контекст труда</b>	
Организационная культура и функция	Неадекватная коммуникация, практическое отсутствие помощи в решении производственных проблем и развитии личности, отсутствие определения организационных задач
Роль в составе организации	Неопределенность и конфликт функций, ответственность за других людей
Карьерный рост	Отсутствие роста, его неопределенность, недостаточное или избыточное продвижение по службе, низкая оплата труда, негарантированная занятость, низкая общественная ценность труда
Степень свободы и автономии	Низкая степень участия в принятии решений, отсутствие автономии (автономия, особенно в форме участия, также является проблемой контекста труда и его организации в целом)
Межличностные отношения	Социальная или физическая изоляция, плохие отношения с начальством, межличностные конфликты, отсутствие социальной поддержки
Баланс трудовой и личной жизни	Противоречие потребностей на работе и дома, низкая степень поддержки со стороны семьи, проблема противоречий карьерных потребностей супругов

Таблица 2

**Анкета для идентификации условий,  
определяющих риск  
для работников угольной промышленности**

Questionnaire for identification of conditions  
defining the risks for coal industry workers

<b>Психосоциальные риски на рабочем месте</b>	
<b>Все ответы носят строго анонимный характер и будут использованы строго в научных целях. При прохождении тестирования выберите наиболее подходящие для вашей нынешней работы варианты ответов. Его прохождение займет не более 3 минут.</b>	
Выберите ваш пол:	
– Мужчина	
– Женщина	
К какой категории работников вы относитесь?	
– ИТР, руководители, специалисты	
– Рабочие профессии	
Сколько вам лет	
– 18-24 года	
– 25-34 года	
– 35-44 года	
– 45-59 лет	
– 60 лет и старше	
Вопрос 1. Как давно вы работаете по вашей нынешней профессии?	
– Менее полугода	
– От полугода до 2 лет	
– От 5 до 10 лет	
– Свыше 10 лет	
Вопрос 2. Вы можете назвать свое рабочее место хорошо благоустроенным? В работе вы используете исправное оборудование, которого достаточно для выполнения трудовых функций, ваше рабочее место имеет все необходимое, включая необходимое для базовых потребностей (санузлы, помещения для приема пищи). Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:	
– 1 – у меня ужасные условия труда	
– 5 – на моем рабочем месте нечего улучшать, оно идеально	
Вопрос 3. У вас монотонный и однообразный характер работы или разнообразный, часто требующий нестандартного подхода и новых решений? Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:	
– 1 – скорее однообразный	
– 5 – скорее разнообразный	
Вопрос 4. Вы успеваете выполнить все поставленные в течение рабочей смены задачи? Считаете ли вы адекватным темп вашей работы? Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:	
– 1 – регулярно ничего не успеваю	
– 5 – темп работы меня устраивает, я успеваю сделать все в спокойном режиме	
Вопрос 5. Вас устраивает ваш график работы? Если нет, что именно вы бы хотели изменить? Почему?	
– да	
– нет	
– другое... (свой вариант ответа)	

Вопрос 6. Получаете ли вы от своего руководителя всю необходимую информацию, чтобы хорошо выполнять свою работу? Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:

– 1 – я почти всегда «предугадываю», что именно я должен делать

– 5 – я всегда абсолютно точно уверен во всех ожиданиях руководителя

Вопрос 7. Вы всегда твердо знаете, где начинается и заканчивается зона вашей ответственности при выполнении комплексных задач?

– да

– нет

Вопрос 8. Ваши перспективы карьерного роста скорее...

Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:

– 1 – плохие (повышения в рамках моей компании невозможно)

– 5 – хорошие (при усердии и трудолюбии можно легко добиться повышения)

Вопрос 9. Ваше мнение учитывается при решении вопросов, связанных с вашей непосредственной работой? Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:

– 1 – никогда

– 5 – всегда

Вопрос 10. Были ли вы вовлечены в ссоры или конфликты на рабочем месте за последние 12 месяцев? Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:

– 1 – 1 раз за 12 месяцев и реже

– 5 – конфликты случаются практически каждый день

Вопрос 11. Считаете ли вы, что ваша работа отнимает столько вашей энергии, что отрицательно сказывается на вашей личной жизни? Выберите ответ по шкале от 1 до 5, где:

– 1 – нет, мне хватает времени на личную жизнь

– 5 – да, из-за работы у меня отсутствует личная жизнь

Вопрос 12. Вы боялись ответить «неправильно» при прохождении данного тестирования, опасаясь, что результаты дойдут до руководства?

– да

– нет

Общее число респондентов составило 41 человек. В процентном соотношении это 90,2% мужчин и 9,8% женщин. К числу ИТР, руководителей и специалистов принадлежат 87,8%. Старше 45 лет – 78%. Работают в отрасли свыше 5 лет 78% опрошенных.

По результатам проведенного исследования было установлено, что 75,6% респондентов считают свое рабочее место хорошо оборудованным, включая наличие исправного оборудования, достаточного для выполнения трудовых функций, а также для удовлетворения базовых потребностей человека. Они также получают от руководителей всю необходимую информацию для качественного выполнения работы (95,2%).

Большинство опрошенных считают свою работу разнообразной, требующей нестандартного подхода, и лишь 12,1% частично или полностью считают свою работу монотонной и однообразной (показатели от 1 до 3 по пяти-

балльной шкале, где 1 – монотонная работа, а 5 – максимально разнообразная).

Более 95% успевают выполнить все поставленные задачи в течение рабочей смены, что свидетельствует о приемлемом темпе работы, также было отмечено, что более 80% респондентов устраивает их график работы.

Более 75% опрошенных респондентов считают свои перспективы карьерного роста реальными и достижимыми при условии наличия соответствующих стараний – усилий, направленных на качественное выполнение своих трудовых обязанностей.

Наблюдаются некоторые трудности в части четкого разграничения зон ответственности. Чуть менее 30% опрошенных отметили, что не всегда могут точно определить границы собственной зоны ответственности при выполнении порученных проектов и задач.

Чуть менее половины (43,9%) были вовлечены в ссоры и конфликты на рабочем месте за последние 12 месяцев. 29,3% участвуют в ссорах ежемесячно и чаще, что является крайне высоким показателем. Конфликты в коллективах в ряде случаев могут быть полезны: они позволяют прояснить зоны ответственности участников, решить проблему одним из найденных способов. Однако чаще конфликтные ситуации, напротив, снижают продуктивность, мешают выполнять работу.

Баланс работы и личной жизни способствует не только улучшению благополучия сотрудников, но и повышению качества их работы и продуктивности, оказывает существенное влияние на качественные и количественные показатели труда, сокращается количество больничных и прогулов. Задача работодателя состоит в правильной организации труда, формировании рационального графика распределения нагрузок. Около 27% респондентов отметили, что работа отрицательно сказывается на их личной жизни.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования выделен спектр психосоциальных рисков, свойственных работникам угледобывающей отрасли. Было установлено, что наиболее характерными психосоциальными рисками для угольной промышленности являются факторы, касающиеся контекста труда, а именно: нарушение баланса трудовой и личной жизни, межличностные отношения, степень свободы и автономии. Одновременно наблюдается низкий уровень психосоциальных рисков в области содержания труда: нагрузка/темп работы, характер функций, график работы, производственная среда и оборудование, организационная культура и функция.

Данное тестирование может быть применено другими предприятиями в качестве инструмента для экспресс-мониторинга психосоциальных факторов риска на их рабочих местах. Это поможет выявить характерные психосоциальные риски для организации дальнейших мероприятий по управлению ими, в т.ч. путем обеспечения отсутствия конфликтов между сотрудниками, создания благоприятных условий труда, четкого выстраивания схемы работы и обязанностей каждого сотрудника, достойной

оплаты труда, возможностей для карьерного и профессионального роста.

## Список литературы

1. Кабанова Т.Н., Шпорт С.В., Макурина А.П. Современные зарубежные исследования факторов риска психологического стресса и психосоциального климата на рабочем месте // Социальная и клиническая психиатрия. 2019. Т. 29. № 2. С. 93-98.
2. Методологический подход к совершенствованию системы управления рисками на горнодобывающих предприятиях на основе оценки компетентности управленческого персонала / О.М. Зиновьева, А.М. Меркулова, Н.А. Смирнова и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 4. С. 168-178. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-4-0-168.
3. Кабанов Е.И. Анализ риска аварий на угольных шахтах с учетом человеческого фактора // Горный журнал. 2023. № 9. С. 48-54. DOI: 10.17580/gzh.2023.09.07.
4. Стресс на рабочем месте: Коллективный вызов. Группа технической поддержки по вопросам достойного труда и Бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. М.: МОТ, 2016. [Электронный ресурс]. URL: [http://wcmcsq3.ilo.org/wcmcsq3/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/genericdocument/wcms\\_485968.pdf](http://wcmcsq3.ilo.org/wcmcsq3/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_485968.pdf) (дата обращения: 15.12.2023).
5. Ashok Panigrahi. Managing Stress at Workplace // Journal of Management Research and Analysis. October-December, 2016. No 3(4). P. 154-160. DOI: 10.18231/2394-2770.2016.0001.
6. Associations of work stress with hair cortisol concentrations – initial findings from a prospective study / R.M. Herr, C. Almer, A. Loerbroks et al. // Psychoneuroendocrinology. 2018. Vol. 89. P. 134-137.
7. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий / И.В. Бухтияров, А.Г. Чеботарев, Н.Н. Курьеров и др. // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 7. С. 424-429. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429.
8. Михайлова В.Н., Баловцев С.В., Христофоров Н.Р. Оценка риска возникновения профессиональных заболеваний органов слуха у горнорабочих при нарушении статьи 27 Федерального закона 52 // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 5. С. 228-234. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-228-234.
9. Кабанов Е.И. Определение допустимого профессионального риска травмирования работников угледобывающих предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 5. С. 167-180. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-5-0-167.
10. К вопросу управления психосоциальными рисками в горном деле / О.М. Зиновьева, А.М. Меркулова, Н.А. Смирнова и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 1. С. 20-33. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-1-0-20.
11. Чупрякова А.Г., Григашкина С.И., Меркурьев В.В. Влияние кадровых рисков на организационные изменения в компаниях угольной промышленности // Уголь. 2023. № 10. С. 36-41. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-10-36-41.
12. Бажутова Е.А., Скуфына Т.П. Региональные, муниципальные и корпоративные аспекты управления вахтовой миграцией в ре-



- гионах Арктической зоны Российской Федерации // Уголь. 2023. № 7. С. 41-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-41-49.
13. Kang D. Workability and Life Satisfaction: Effects of Workers' Positive Perceptions on Their Return to Jobs // *Safety and Health at Work*. 2022. Vol. 13. Is. 3. P. 286-293. DOI: 10.1016/j.shaw.2022.05.002.
14. Comprehensive Evaluation of Deep Coal Miners' Unsafe Behavior Based on HFACS-CM-SEM-SD / Li Yang, Xue Wang, Junqi Zhu et al. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19. Is. 17. No 10762. DOI: 10.3390/ijerph191710762.

## Original Paper

UDC 622, 658.5, 614.8 © N.M. Arefyeva, E.A. Shcherbakova, 2024  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 75-79  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-75-79>

## Title

## ASSESSMENT OF PSYCHOSOCIAL RISKS AT COAL MINING ENTERPRISES

## Authors

Arefyeva N.M.<sup>1</sup>, Shcherbakova E.A.<sup>1</sup>

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

## Authors Information

**Arefyeva N.M.**, Postgraduate Student, e-mail: m2109386@edu.misis.ru  
**Shcherbakova E.A.**, Postgraduate Student, e-mail: shcherbakova.ea@mail.ru

## Abstract

The analysis of psychosocial risk factors characteristic of the coal industry, given in the article, is aimed at identifying the most common psychosocial risk factors among workers in the metallurgical and coal industry. In order to identify psychosocial risk factors, a questionnaire was developed for employees of a coal mining enterprise. The results of a study of the opinions of employees of coal mining enterprises of various age categories, work experience in the industry, as well as different genders and roles in the company are presented. Based on the data obtained, a number of characteristic psychosocial risk factors for coal industry workers were established, recommendations were made to improve working conditions.

## Keywords

Psychosocial factors, Psychosocial risk, Management systems, Integrated management systems, Human factor, Risk management.

## References

- Kabanova T.N., Shport S.V. & Makourina A.P. Current international research on risk factors of psychological stress and psychosocial atmosphere in the workplace. *Social and clinical psychiatry*, 2019, Vol. 29, (2). pp. 93-98. (In Russ).
- Zinovieva O.M., Merkulova A.M., Smirnova N.A. & Zholmanov D.K. Methodological approach to risk management improvement in mines on the ground of managerial competence analysis. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(4):168-178. (In Russ). DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_4\_0\_168.
- Kabanov E.I. Analysis of accidents risk in coal mines taking into account human factor. *Gornyi Zhurnal*, 2023, (9), pp. 48-54. (In Russ). DOI: 10.17580/gzh.2023.09.07.
- Workplace stress: A collective challenge. World day for safety and health at work 28 april 2016. ILO. [Electronic resource]. Available at: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_466547.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_466547.pdf) (accessed 15.12.2023). (In Russ).
- Ashok Panigrahi. Managing Stress at Workplace. *Journal of Management Research and Analysis*, October-December, 2016, 3(4), pp. 154-160. DOI: 10.18231/2394-2770.2016.0001.
- Herr R.M., Almer C., Loerbroks A., Barrech A., Elfantel I., Siegrist J., Gundel H., Angerer P. & Li J. Associations of work stress with hair cortisol con-

centrations – initial findings from a prospective study. *Psychoneuroendocrinology*, 2018, (89), pp. 134-137.

- Bukhtiarov I.V., Chebotarev A.G., Courierov N.N. & Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, Vol. 59, (7), pp. 424-429. (In Russ). DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429.
- Mikhaylova V.N., Balovtsev S.V. & Khristoforov N.R. Assessment of occupational hearing disorder on the violation of article 27 of federal law 52 in mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018;(5):228-234. (In Russ). DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-228-234.
- Kabanov E.I. Allowable occupational injury risk assessment in coal mining industry. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5):167-180. (In Russ). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-5-0-167.
- Zinovieva O.M., Merkulova A.M., Smirnova N.A. & Shcherbakova E.A. Psychosocial risk management in mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(1):20-33. (In Russ). DOI: 25018/0236-1493-2022-1-0-20.
- Chupryakova A.G., Grigashkina S.I. & Merkuruyev V.V. Effects of human resource risks on organizational changes in coal mining companies. *Ugol'*, 2023, (10), pp. 36-41. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-10-36-41.
- Bazhutova E.A. & Skufina T.P. Regional, municipal and corporate aspects of management of the shift migration in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 41-49. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-41-49.
- Kang D. Workability and Life Satisfaction: Effects of Workers' Positive Perceptions on Their Return to Jobs. *Safety and Health at Work*, 2022, Vol. 13, (3), pp. 286-293. DOI: 10.1016/j.shaw.2022.05.002.
- Li Yang, Xue Wang, Junqi Zhu et al. Comprehensive Evaluation of Deep Coal Miners' Unsafe Behavior Based on HFACS-CM-SEM-SD. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, Vol. 19, (17), 10762. DOI: 10.3390/ijerph191710762.

## For citation

Arefyeva N.M. & Shcherbakova E.A. Assessment of psychosocial risks at coal mining enterprises. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 75-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-75-79.

## Paper info

Received October 31, 2023

Reviewed November 13, 2023

Accepted December 7, 2023

## SAFETY

# Особенности динамики изменения растительности при зарастании территории техногенного объекта в условиях юга Дальнего Востока (Россия)

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-80-85>

## БЕЛОВ А.Н.

Канд. с.-х. наук, доцент,  
доцент Дальневосточного  
федерального университета,  
690922, г. Владивосток, Россия,  
e-mail: [belov\\_an13@mail.ru](mailto:belov_an13@mail.ru)

## РОЗЛОМИЙ Н.Г.

Канд. биол. наук, доцент,  
доцент ФГБОУ ВО «Приморский  
аграрно-технологический университет»,  
692510, г. Уссурийск, Россия,  
e-mail: [boss.shino@mail.ru](mailto:boss.shino@mail.ru)

## РЕПШ Н.В.

Канд. биол. наук, доцент,  
доцент ФГБОУ ВО «Приморский  
аграрно-технологический университет»,  
692510, г. Уссурийск, Россия,  
e-mail: [repsh\\_78@mail.ru](mailto:repsh_78@mail.ru)

## БЕРСЕНЕВА С.А.

Канд. биол. наук, доцент,  
директор Центра инклюзивного образования  
Санкт-Петербургского  
государственного университета,  
199034, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: [svshatal@mail.ru](mailto:svshatal@mail.ru)

## КОЛЯДА А.С.

Канд. биол. наук, доцент,  
доцент ФГБОУ ВО «Приморский  
аграрно-технологический университет»,  
692510, г. Уссурийск, Россия,  
e-mail: [a.s.pinus@mail.ru](mailto:a.s.pinus@mail.ru)

Любое нарушение экосистемы отражается на ее видовом составе. В статье представлены данные по флористическому сходству между различными стадиями сукцессии на участках заброшенной территории ТЭЦ, а также соотношение экологических образований на разных стадиях естественного лесовосстановления в условиях юга Дальнего Востока России; определено соотношение экологических групп растений на разных стадиях восстановления с использованием экологических шкал, сопоставлены результаты исследований с реальными свойствами почв. Статья подробно освещает процесс поэтапного зарастания шлакоотвалов и стадии изменения состава фитоценозов, для каждой стадии рассчитан коэффициент флористического сходства по Жаккару. Определено, что в ходе сукцессии происходит дифференциация экологических ниш растений, что увеличивает разнообразие экологических групп. По мере зарастания шлакоотвалов наблюдается тенденция к ацидификации растительности. Увеличивается число видов, имеющих относительно узкий интервал по кислотности, приближающийся к ацидофилам: в 2012 г. на исследуемых участках в больших количествах произрастает *Hippophae hamnoides* L. и *Lespedeza bicolor* Turcz., в 2015 и 2020 гг. наблюдается исчезновение этих видов. Происходит постепенный сдвиг диапазона баллов отношения к обеспеченности азотом от нитрофильных видов к субанитрофильным.

**Ключевые слова:** шлакоотвалы, самозарастание техногенных форм рельефа, фитоценоз, ацидификация растительности, Приморский край, Дальний Восток России.

**Для цитирования:** Особенности динамики изменения растительности при зарастании территории техногенного объекта в условиях юга Дальнего Востока (Россия) / А.Н. Белов, Н.Г. Розломий, Н.В. Репш и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 80-85. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-80-85.

## ВВЕДЕНИЕ

За последние несколько лет глобальная деградация лесов в результате различных антропогенных и природных нарушений привела к деградации экосистем и утрате биоразнообразия [1, 2, 3]. Нарушение естественных ландшафтов и развитие эрозионных про-

цессов приводят к широкому их распространению, выведению из хозяйственного оборота значительных земельных территорий [4, 5].

С течением времени естественный баланс фитоценоза начинает восстанавливаться [6]. Мониторинг состояния окружающей среды при естественном лесовосстановлении ландшафтов показывает, что в природно-климатических условиях Приморского края возможна смена фитоценозов, близкая к естественным сукцессиям.

В основном изучаются сложные ландшафты, но не элементарные пригородные леса [7]. Практики восстановления также ориентированы на сложные растительные сообщества [8]. При исследовании нарушенных естественных ландшафтов не изучены особенности смены древесно-кустарникового элемента, влияние осадков на состояние почв различных склонов, смена флористических групп [9], но при этом необходимо учесть, что восстановленные леса часто изолированы от «исходных» лесных участков, что может замедлить миграцию растений [10, 11, 12].

В работе мы предлагаем анализ динамики изменения растительного покрова, определили флористическое сходство между различными стадиями сукцессии, а также соотношение количества видов растений на разных стадиях нарушенного урбандиафрагмы, рассмотрели соотношение экологических групп растений на разных стадиях восстановления, сопоставив результаты исследований с реальными свойствами почв. В качестве биологических агентов мы учитывали древесные растения. Особое внимание уделяется древесно-кустарниковому ярусу, так как именно кустарниковый покров наиболее ярко отражает изменение экологических условий [13, 14].

## МАТЕРИАЛ И ДАННЫЕ

Район исследования – территория промышленного объекта теплоэлектростанции (ТЭЦ), расположенная на северо-западной окраине города Уссурийска, Дальний Восток, Россия. Общая площадь – 215 га, координаты – 43°46′58″N 132°2′9″E (рис. 1).

Строительство объекта было начато в 1985 г. В 1987 г. была создана зона шлакоотвалов, для этого был удален весь плодородный слой почвы, вплоть до минерального горизонта, с прилегающего к стройплощадке склона сопки. На вершине сопки была произведена сплошная вырубка произрастающего там дубового леса. Длительное время склон сопки оставался без напочвенного покрова и подвергался струйной эрозии. Формирование самозарастания стало заметно выраженным в 1992 г., преобладающим компонентом которого являлись преимущественно рудеральные растения-азотонакопители – облепиха крушиновидная, леспецица двцветная, клевер луговой.

В 2012 г. работы по строительству Уссурийской ТЭЦ были официально приостановлены в связи с отсутствием финансирования. К этому времени произошло становление первичных растительных сообществ с преобладанием сомкнутых зарослей облепихи крушиновидной и леспецицы двцветной с вкраплением других древесно-кустарниковых видов, разнообразие травянистых растений резко снизилось, а у подножия склона стала развиваться бурьянистая растительность.

К 2014 г. произошло обогащение фитоценоза другими древесно-кустарниковыми видами за счет изреживания покрова азотонакопителей. В период с 2015 по 2020 г. за счет частых муссонов произошло разрушение раститель-

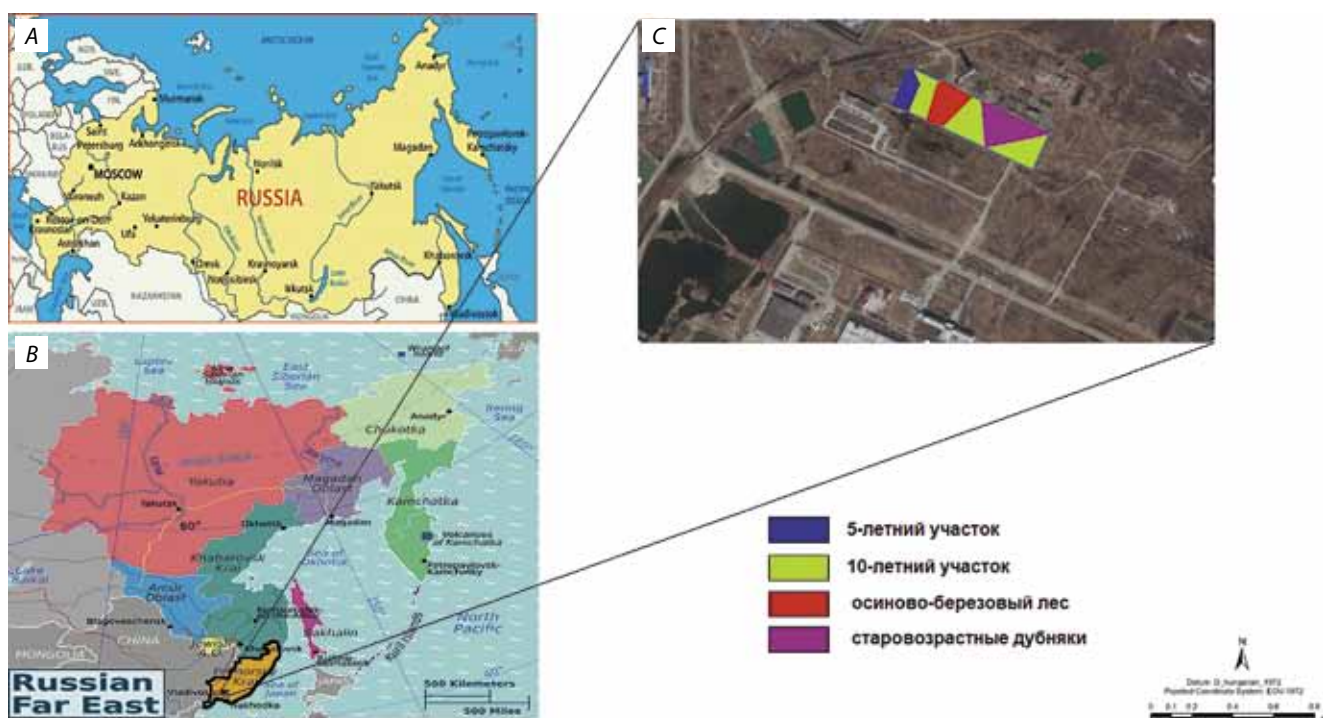


Рис. 1. Расположение объекта исследования:

A – Россия; B – юг Дальнего Востока, Приморский край; C – территория объекта исследования

Fig. 1. Location of the surveyed facilities:

A – the Russian Federation; B – southern part of the Far East, Primorsky Krai; C – territory of the surveyed facility

ных сообществ, что привело к значительному усилению эрозийных процессов.

Работы проводились в период 2010-2020 гг. Объекты исследования – участки заброшенной территории, соответствующие разным стадиям зарастания и расположенные в 1-2 км от основной строительной площадки ТЭЦ. Материнские породы – легкие суглинистые породы с большим количеством обломков, подстилаемых глинами на разной глубине (80-100 см и более) [15].

Исследования проводились на пяти участках (6-й участок являлся контрольным), находящихся на различных стадиях зарастания или разрушения растительных сообществ. В качестве контроля использовались старовозрастные дубравы с преобладанием в напочвенном покрове травянистого яруса и пятен *Sphagnum girgensohnii* (контроль).

Обследование растительности проводилось методом прерывистых ленточных трансект, так как работы проводились в различных орографических условиях [16]. На каждом из выбранных участков пробы размером 10×10 м располагались в трансектах с интервалом 50 м. Кустарники и деревья регистрировались на участках размером 10×10 м, а травы и злаки исследовались на участках размером 2×2 м. На каждом участке определялись виды растений, площадь и плотность всех кустарников и трав. Охват каждого растения измерялся визуально в пределах каждого участка отбора проб в соответствии со шкалой 1-5: 1 = менее 5%, 2 = 5-25%, 3 = 25-50%, 4 = 50-75%, 5 = 75-100%. Плотность видов растений регистрировалась путем подсчета числа особей в пределах 1×1 м. Видовое разнообразие определялось количественно по видовому богатству. Видовое богатство определяли путем подсчета количества видов в растительных сообществах в масштабе участка. После определения видов и подсчетов количества экземпляров на каждой пробной площадке определяли коэффициент Жаккара:  $Kj = C/(A+B-C)$  (%), где *A* – количество видов на первой пробной площадке, *B* – количество видов на второй пробной площадке, *C* – количество видов, общих для 1-й и 2-й площадок.

Виды растений были определены на месте исследования. Образцы тех видов, которые не могли быть немедленно идентифицированы, были взяты в лабораторию, где они были идентифицированы путем сопоставления с определителями растений и сохранившимися гербарными образцами.

В дополнение к общему геоботаническому описанию наземная биомасса травянистого или кустарникового яруса (5 повторов на участке) отбиралась методом покоса с последующим анализом по видам и определением массовой доли каждого в покосе. Каждому фитоценозу был присвоен диапазон баллов активного богатства почвы по шкале Раменского (NS). С помощью теста наименьшей значимой разницы (LSD) был проведен односторонний дисперсионный анализ (ANOVA).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

В течение 2010-2020 гг. в середине вегетационного периода (июль) исследования были проведены

на участках мониторинга (восточный склон, юго-западный склон, юго-восточный склон, подножие холма и западный склон).

Исследование флористического состава растительных сообществ для разных стадий зарастания отвалов представлено в *табл. 1*.

В 2010 г. на восточном склоне преобладали густые заросли облепихи, на гале-эфельных отвалах растительности не было. На юго-западном склоне, где преобладали перемытые «пески» с большой долей глинистого материала, растительность «болотного» типа покрывала всю поверхность участка. Юго-восточный склон (почвы – перемытые «пески», камень) интенсивно зарастал сорно-рудеральными травами. Подножие холма (свежая поверхность с трещинами усыхания) – растительность полностью покрывала поверхность участка – наблюдалось обилие видов-эвритопов. Западный склон (почвы – щебенка со значительной долей глинистого материала) быстро покрывался осиновым подростом.

При зарастании шлакоотвалов общее количество видов увеличивается с началом возобновления древостоя: именно на промежуточных стадиях сукцессии видовое разнообразие максимальное (*табл. 2*). При этом биомасса травянистого яруса, напротив, уменьшается в несколько раз. После окончательного смыкания древостоя количество видов в травяном ярусе резко сокращается, что, возможно, связано с уменьшением освещенности, но увеличивается количество видов в древесном и кустарниковом ярусах (*рис. 2*).

На 5- и 10-летнем участках количество видов уменьшилось, что связано с водной и ветровой эрозией почв, в осиново-березовом лесу и старовозрастных дубняках количество видов увеличилось. На месте вырубок, на вер-

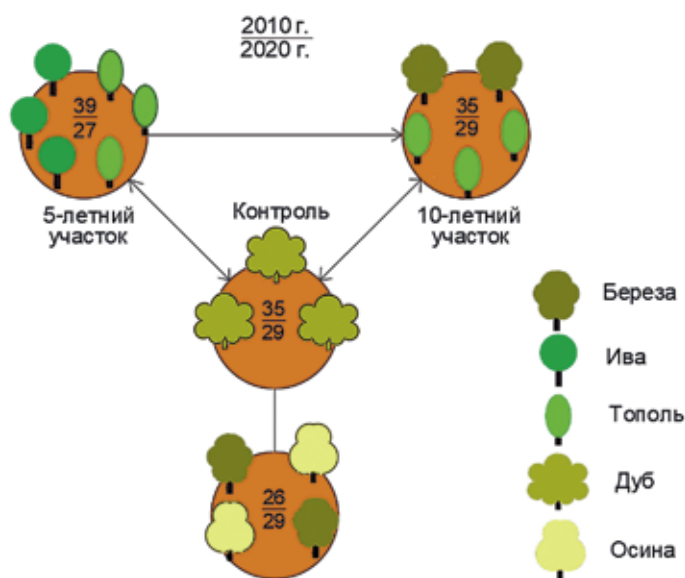


Рис. 2. Динамика изменения количества видов на площадках мониторинга (в числителе – количество видов в 2010 году / в знаменателе – количество видов в 2020 году; 5-летний участок – количество видов в 2015 году)

Fig. 2. Dynamics of changes in the number of species on the monitoring sites (numerator: the number of species in 2010 / denominator: the number of species in 2020; 5-year period: the number of species on the site in 2015)

**Характеристика самозарастания техногенных форм рельефа**  
 Characteristics of self-organized vegetation on anthropogenic landforms

Место образования (вид деятельности)	Техногенные формы рельефа	Характеристика грунта	Время формирования, годы	Характер и интенсивность самозарастания
1. Восточный склон (место сплошной вырубки)	1. Холмисто-западинная поверхность, созданная с помощью мускуль-эфельные отвалы. 3. Покатый, выпуклый склон в правом борту долины	1. Перемещенная порода вскрыши из крупно- и мелкообломочного материала с заполнителем из мелкозема и почвенной органики. 2. Перемытые «пески»	2010	1. Густые заросли облепихи 2. Растительности нет 3. Пионерная растительность, очень рассеянно
2. Юго-западный склон (заброшенные площадки у дорог)	1. Гале-эфельные отвалы	1. Перемытые «пески» с большой долей крупнообломочного материала	1. 2010-2013	1. В основном слабая
	2. Покатые, выпуклые склоны вдоль бортов долины	2. Перемещенные «торфа»	2. 2010-2015	2. Средняя
	3. Понижения	3. Перемытые «пески» с большой долей глинистого материала, в отдельных местах перекрыты наилоком	3. 2010-2015	3. Сильная, по болотному типу
3. Юго-восточный склон (заброшенные площадки у дорог)	1. Пологоволнистая поверхность (рекультивированные гале-эфельные отвалы)	1. Перемытые «пески», камень	2010-2020	1. От слабой до сильной
	2. Покатые, выпуклые склоны вдоль бортов долины	2. Перемещенные «торфа»		2. Очень интенсивное
	3. Понижения	3. Перемытые «пески» с большой долей глинистого материала, часто перекрытые наилоком		3. Сильная, по болотному типу
4. Подножие холма	1. Гале-эфельные отвалы	1. Перемытые «пески»	2010-2020	1. Слабая и средняя
	2. Покатые, выпуклые склоны вдоль бортов долины	2. Перемещенные «торфа»		2. Средняя и сильная
	3. «Высокая пойма» в днище вновь формирующейся долины	3. Наилкок мощностью 20-30 см		3. Свежая поверхность с трещинами усыхания
5. Западный склон (заброшенные площадки у дорог)	1. Галечные отвалы	1. Перемещенная порода вскрыши из крупноглыбового материала	2010-2020	1. Слабая
	2. Эфельные отвалы	2. Щебенка со значительной долей глинистого материала		2. Осиново-тополево-березовый лес

Примечание: интенсивность самозарастания: сильная – среднее расстояние между растениями – 0,5 м, сомкнутость крон – до 0,6; средняя – среднее расстояние между растениями – 1,0 м (пределы: от 0,2 до 2,0 м); слабая – среднее расстояние между растениями – 2,5 м (пределы: от 1,0 до 4,0 м).

шине сопки, сформировалась свежая порослевая группировка дуба монгольского с леспедецей двуцветной и лещиной разнолистной в подлеске.

Все травы напочвенного покрова разделили на пять основных групп:

– сорно-рудеральная: полынь веничная (*Artemisia scoparia* Wladst. et Kit), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), осот короткоушковый (*Sonchus brachyotus* DC.);

– неморальные свиты: неморальная теневая: бор развесистый (*Milium effusum* L.), ослинник двулетний (*Onagra biennis* L.), Scop.) качим тихоокеанский (*Gypsophila pacifica* Kom.);

– мелколиственная опушечно-полянная (*Matricaria inodora* L., *Polygonum aviculare* L., *Rumex crispus* L., *Campanula cephalotes* Nakai). В основном полевые и опушечные виды осветленных местообитаний с очень богатыми почвами;

– осиновая: преимущественно осиновые леса на сравнительно богатых почвах (*Hemerocallis middendorffii* Trautv. et Mey., *Lilium pulchellum* Fish);

– эвритопы: виды, не имеющие четкой приуроченности к определенной свите (*Vicia amoena* Fish, *Trifolium pratense* L., *T. campestre* Scheb., *Astragalus schelichovii* Turcz., *Cilicium ussuriensis* Rgl. et Maack.).

Для каждого объекта мониторинга был определен диапазон баллов активного богатства почвы по шкале Раменского (NS). В ходе лесовосстановления наблюдается постепенное смещение в сторону олиготрофизации (табл. 3). Если на стадии молодой залежи пересечение большинства интервалов баллов трофности соответствует богатым почвам, то на старой залежи – в большей степени небогатым почвам, в осиново-березовом лесу – небогатым, в старовозрастном лесу – бедным.

В процессе зарастания происходит сужение диапазона баллов, особенно при переходе от молодого фитоце-

**Динамика флористического состава фитоценозов при постепенном зарастании**  
Dynamics of floristic composition of phytocenoses during gradual self-organized vegetation

Возраст участка, тип растительности	2010 г.					2020 г.				
	Показатели мониторинга					Показатели мониторинга				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5-летний участок (2015 г.)	39	29	<i>Corexussuriensis</i> Kom., <i>A. gmelinii</i> Web. ex Stechm.	<i>Calamagrostisepigeios</i> (L.) Roth.), <i>A. sylvatica</i> Maxim	–	27	16	<i>Salix rorida</i> Laksch, <i>Populus davidiana</i> Dode	<i>Populus davidiana</i> Dode, <i>Betula mandshurica</i> (Regel) Nakai	–
10-летний участок (2020 г.)	35	25	<i>Corex ussuriensis</i> Kom., <i>Vicia amoena</i> Fish, <i>Trifolium pratense</i> L.	<i>Hippophae hamnoides</i> L., <i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	–	29	19	<i>Matricaria inodora</i> L., <i>Onagra biennis</i> (L.), Scop.	<i>Populus davidiana</i> Dode	–
Осиново-березовый лес 5-10-летнего возраста с травяно-кустарничковым напочвенным покровом	26	16	<i>Vicia amoena</i> Fish, <i>Trifolium pratense</i> L., <i>T. campestre</i> Scheb., <i>Astragalus schelichovii</i> Turcz.	<i>Hippophae rhamnoides</i> L., <i>S. caprea</i> L.	31	29	15	<i>Achillea millefolium</i> L., <i>Matricaria inodora</i> L., <i>Onagra biennis</i> (L.), Scop.	<i>Betula mandshurica</i> (Rge. Nakai, <i>Tilia amurensis</i> Klok., <i>Pinus sylvestris</i> L.	39
Старовозрастные дубняки с преобладанием в напочвенном покрове дуба монгольского и скоплений <i>Sphagnum girgensohnii</i> Russow (контроль)	32	20	<i>Astragalus schelichovii</i> Turcz., <i>Cilycine ussuriensis</i> Rgl. et Maack, <i>Aster tataricus</i> L., <i>Cirsium setosum</i> (Wild.) M.	<i>Quercus mongolica</i> Fish., <i>Betula mandshurica</i> (Rge.) Nakai, <i>Tilia amurensis</i> Klok.	41	36	17	<i>Sonchus brachyotus</i> DC., <i>Artemisia scoparia</i> Wladst. et Kit, <i>A. gmelinii</i> Web. ex Stechm.	<i>Quercus mongolica</i> Fish., <i>Betula mandshurica</i> (Rge.) Nakai, <i>Tilia amurensis</i> Klok.	47

Примечание: 1 – количество видов, 2 – из них в напочвенном покрове, 3 – доминанты в напочвенном покрове, 4 – доминанты в древесно-кустарничковом ярусе, 5 – коэффициент флористического сходства по Жаккару с предыдущей стадией восстановления, %.

Таблица 3

**Балльные оценки активного богатства почвы (трофности) для разных стадий зарастания объекта лесом**

Scoring of active soil nutrient status (trophicity) for different stages of forest colonization of the site

Наименование	2010 г.	2015 г.	2020 г.
5-летний участок (с 2015 г.)	–	16-18	10-11
10-летний участок (с 2010 г.)	11-15	8-10	5-6
Осиново-березовый лес 5-10-летнего возраста	10-11	10-11	6-8
Старовозрастные дубняки	7-8	5-6	5-6

ноза (5 лет) к старому (10 лет). По причине ветровой и водной эрозии потенциальное плодородие почвы быстро снижается, что подтверждается сравнительно короткой сорно-рудеральной стадией. Так, в 2015 г. балл трофности в фитоценозе молодой залежи составляет 16-18, 10-летнего участка – 8-10, далее, соответственно, 5-6 и 6-8.

**ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Исследование показало, что флористическое сходство старой залежи с мелколиственным лесом – всего 8-10%, хотя площадки, на которых они расположены, находятся рядом. Предположительно, ведущим фактором, лимитирующим разнообразие видов в мелколиственном лесу, являются процессы ветровой эрозии [4, 5]. Сходство осиново-березового леса 5-10-летнего возраста с травяно-кустарничковым напочвенным покровом со старовозрастным дубняком достигает 42%, несмотря на то, что напочвенный покров по мере роста леса становится более мозаичным. Видовой состав древостоя (включая и взрослые деревья, и подрост) становится более разнообраз-

ным по мере его развития. Если в 2010 г. доминантой был *Hippophae hamnoides* L. и *Lespedeza bicolor* Turcz. на всех исследуемых участках, то в 2020 г. доминантой становятся *Populus davidiana* Dode и *Betula mandshurica* (Rge.) Nakai, единично встречается *Pinus sylvestris* L.

Хотя древесные виды были зарегистрированы в процессе исследования, они были исключены из расчета коэффициента Жаккара по двум причинам: 1 – травянистые и древесные виды реагируют по-разному на изменение окружающей среды, на различия в скорости оборота и долголетия, поэтому, добавив сведения о древесной растительности, анализ может привести к неточным результатам в рамках текущего исследования; 2 – следует учитывать, что деревья могли быть посажены человеком, и не имеется никакой информации, чтобы отличить искусственные насаждения от естественной лесной растительности [12].

**ВЫВОДЫ**

Динамика изменения флористического состава склонов разных экспозиций происходит неодинаково, сход-

ство видов на разных площадках различно. Интенсивность восстановления зависит от процессов ветровой и водной эрозии. Полученные данные могут быть применены для увеличения биоразнообразия ландшафтов, реконструк-

ции угольных шлакоотвалов, восстановления естественных экосистем техногенных объектов.

### Список литературы – см. References

Original Paper

UDC 622.85:58.02 © A.N. Belov, N.G. Rozlomiy, N.V. Repsh, S.A. Berseneva, A.S. Kolyada, 2024  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 80-85  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-80-85>

#### Title

### FEATURES OF THE DYNAMICS OF CHANGES IN VEGETATION DURING OVERGROWING OF THE TERRITORY OF A MAN-MADE OBJECT IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF THE FAR EAST (RUSSIA)

#### Authors

Belov A.N.<sup>1</sup>, Rozlomiy N.G.<sup>2</sup>, Repsh N.V.<sup>2</sup>, Berseneva S.A.<sup>3</sup>, Kolyada A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690090, Russian Federation

<sup>2</sup> Primorsky State Agrarian-Technological University, Ussuriysk, 692510, Russian Federation

<sup>3</sup> Saint Petersburg State University, Center for Inclusive Education, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

#### Authors Information

**Belov A.N.**, PhD. (Agriculture), Associate Professor, e-mail: [belov\\_an13@mail.ru](mailto:belov_an13@mail.ru)

**Rozlomiy N.G.**, PhD. (Biology), Associate Professor, e-mail: [boss.shino@mail.ru](mailto:boss.shino@mail.ru)

**Repsh N.V.**, PhD. (Biology), Associate Professor, e-mail: [repsh\\_78@mail.ru](mailto:repsh_78@mail.ru)

**Berseneva S.A.**, PhD. (Biology), Associate Professor, Director, e-mail: [svshatal@mail.ru](mailto:svshatal@mail.ru)

**Kolyada A.S.**, PhD. (Biology), Associate Professor, e-mail: [a.s.pinus@mail.ru](mailto:a.s.pinus@mail.ru)

#### Abstract

Any disturbance of the ecosystem affects its species composition. The article presents data on floristic similarity between different stages of succession in areas of the abandoned territory of a thermal power plant, as well as the ratio of ecological formations at different stages of natural reforestation in the conditions of the south of the Russian Far East; the ratio of ecological groups of plants at different stages of restoration was determined using environmental scales, and the research results were compared with actual soil properties. The article covers in detail the process of gradual overgrowing of slag dumps and the stages of change in the composition of phytocenoses; for each stage, the coefficient of floristic similarity according to Jaccard is calculated. It has been determined that during succession, differentiation of ecological niches of plants occurs, which increases the diversity of ecological groups. As slag dumps become overgrown, there is a tendency for vegetation to become acidified. The number of species with a relatively narrow range of acidity, approaching acidophiles, is increasing: in 2012, *Hippophaer hamnoides* L. and *Lespedeza bicolor* Turcz. grow in large quantities in the study areas in 2015 and 2020. These species are becoming extinct. There is a gradual shift in the range of scores related to nitrogen supply from nitrophilic species to subnitrophilic ones.

#### Keywords

Slag dumps, Self-overgrowing of technogenic landforms, Phytocenosis, Acidification of vegetation, Primorsky Territory, Russian Far East.

#### References

- Curtis P.G., Slay C.M., Harris N.L., Tyukavina A. & Hansen M.C. Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 2018, 361 (6407), pp. 1108-1111. DOI: 10.1126/science.aau3445.
- Vogt P., Riitters K.H., Caudullo G. & Eckhardt B. FAO-State of the World's forests: forest fragmentation. *Publications Office of the European Union: Luxembourg*, 2019. DOI: 10.2760/145325.
- Mayor S.J., Boutin S., He F. & Cahill J.F. Limited impacts of extensive human land use on dominance, specialization, and biotic homogenization in boreal plant communities. *BMC Ecology*, 2015, 15 (5).
- Breshears D.D. The grassland-forest continuum: trends in ecosystem properties for woody plant mosaics? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2006, 4 (2), pp. 96-104.

5. Suding K., Higgs E., Palmer M., Callicott J.B., Anderson C.B., Baker M. & Randall A. Committing to ecological restoration. *Science*, 2015, (348), pp. 638-640. DOI: 10.1126/science.aaa4216.

6. Klaus V.H. Urban grassland restoration: a neglected opportunity for biodiversity conservation. *Restoration Ecology*, 2013, 21 (6), pp. 665-669. DOI: 10.1111/rec.12051.

7. Manning A.D., Lindenmayer D.B. & Fischer J. Stretch goals and backcasting: approaches for overcoming barriers to large-scale ecological restoration. *Restoration Ecology*, 2006, 14 (4), pp. 487-492. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2006.00159.x.

8. Götzenberger L., de Bello F., Brathen K.A., Davison J., Dubuis A., Guisan A., Lepš J., Lindborg R., Moora M., Pärtel M., Pellissier L., Pottier J., Vittoz P., Zobel K. & Zobel M. Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. *Biological Reviews*, 2012, 87 (1), pp. 111-127. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2011.00187.x.

9. Kövendi-Jakó A., Halassy M., Csecerits A., Hülber K., Sztár K., Wrba T. & Török K. Three years of vegetation development worth 30 years of secondary succession in urban-industrial grassland restoration. *Applied Vegetation Science*, 2019, 22 (1), pp. 138-149. DOI: 10.1111/avsc.12410.

10. Prach K. Vegetation development in central European coal mining sites. *Soil biota and ecosystem development in post mining sites*, 2013, pp. 38-52.

11. Wanner M. & Dunger W. Primary immigration and succession of soil organisms on reclaimed opencast coal mining areas in eastern Germany. *European Journal of Soil Biology*, 2002, 38 (2), pp. 137-143. DOI: 10.1016/S1164-5563(02)01135-4.

12. Fischer J. & Lindenmayer D.B. Landscape modification and habitat fragmentation: A synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 2007, 16 (3), pp. 265-280.

13. Wang Q., Chen P., Li X., Feng Y., Song X. & Fu L. Review of forest health assessment methods. *Journal Of Nanjing Forestry University*, 2018, 61 (02), pp. 177-183.

14. Dong L. & Liu Z. Forest health assessments and multi-scale conversion methods. *Journal Of Nanjing Forestry University*, 2021, 45 (3), pp. 206.

15. Kostenkov N.M. & Purtova L.N. Post-technogenic soil formation on dump rocks as a factor in the restoration of natural landscapes. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2010, 12 (1-4), pp. 1032-1038. (In Russ.).

16. Mligo C. Diversity and distribution pattern of riparian plant species in the Wami River system, Tanzania. *Journal of Plant Ecology*, 2017, 10 (2), pp. 259-270.

#### For citation

Belov A.N., Rozlomiy N.G., Repsh N.V., Berseneva S.A. & Kolyada A.S. Features of the dynamics of changes in vegetation during overgrowing of the territory of a man-made object in the conditions of the south of the Far East (Russia). *Ugol'*, 2024, (1), pp. 80-85. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-80-85.

#### Paper info

Received August 31, 2023

Reviewed November 13, 2023

Accepted December 7, 2023

ECOLOGY

# Сжигание несортированных углей в псевдосжиженном слое

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-86-93>

## ВАВИЛОВ В.И.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры строительного дела  
Технического института (филиала) ФГАОУ ВО  
«Северо-Восточный федеральный университет  
имени М.К. Аммосова»,  
678960, г. Нерюнгри, Россия

## КОСАРЕВ Л.В.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры строительного дела  
Технического института (филиала) ФГАОУ ВО  
«Северо-Восточный федеральный университет  
имени М.К. Аммосова»,  
678960, г. Нерюнгри, Россия,  
e-mail: leonid\_kossarev@mail.ru

Рассматривается проблема сжигания углей с большим содержанием пылевидных фракций в котлах малой тепловой мощности в суровых условиях Крайнего Севера. Предложены новые технические решения по переустройству существующих топочных устройств в водогрейных котлах, которые будут снижать механический недожог сгорания и выбросы вредных веществ в атмосферу. Для решения данной проблемы также есть предложения Правительства РФ о последовательном вытеснении части объемов некачественного твердого топлива из сферы «малой энергетики» – отрасли ЖКХ на территории Дальнего Востока путем его замены предпочтительно на газообразное. Учитывая, что это процесс долговременный и трудозатратный, в данный период и в последующие годы в отрасли ЖКХ придется сжигать такое твердое топливо, поэтому без внедрения рационализаторских и технических решений по улучшению топочных процессов не обойтись. В данное время в топливный баланс Республики Саха (Якутия) и территории БАМа вовлечены дешевые угли восточных месторождений, в частности Нерюнгринского, которые, как правило, поставляются в отрасль ЖКХ с большим содержанием пылевидных фракций размером частиц от 0 до 3 мм в объеме 40-50% и более. При использовании таких фракции угля горение в слоевой топке разбалансировано, а КПД котлов не превышает минимальных 45-55%. Уходящие дымовые газы котлов активно выбрасывают в атмосферу несгоревшие твердые частицы и большой объем вредных веществ, что приводит к ухудшению окружающей среды северных территорий.

**Ключевые слова:** энергетическая политика, пылевидные фракции, механическая неполнота сгорания, кратерное горение, вредные выбросы в атмосферу.

**Для цитирования:** Вавилов В.И., Косарев Л.В. Сжигание несортированных углей в псевдосжиженном слое // Уголь. 2024. № 1. С. 86-93. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-86-93.

## ВВЕДЕНИЕ

Текущие прогнозы предполагают, что во многих европейских странах существуют огромные возможности для эффективного использования тепловой энергии, снижающие общие экономические издержки методом внедрения передовых технологий в сфере сжигания твердого топлива [1].

В целях получения тепловой энергии в процессе сжигания несортированных углей, в объеме которых пылевидные частицы составляют более 40%, такое твердое топливо не соответству-



ет слоевому сжиганию. Отсутствует полное сгорание, теплоснабжающие предприятия несут большие убытки, хозяйственные показатели не позволяют качественно решать данную проблему, большая часть из них на грани банкротства. Есть единичные предприятия, которые пытаются реализовать свои мероприятия по усовершенствованию процессов горения собственными силами, но в основном приходится заключать договоры с подрядными организациями по режимной наладке котлоагрегатов. Результаты таких режимных наладок дают незначительный эффект, поднимают КПД котла на величину не более 6%. Для того чтобы получить существенный результат в работе котлоагрегатов и добиться паспортных значений, необходимо кардинально менять организацию топочного процесса на других конструктивных принципах топочных устройств.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уголь с содержанием пылевидных фракций в объеме 40-50% и более в процессе подачи в топочное пространство топки ТЧЗМ-2 котла КВ-ТС-10 самопроизвольно сепарируется и сбивается в плотные бугры [2]. По мере накопления уголь спрессовывается в плотный слой и тем самым препятствует полноценному гидродинамическому процессу, то есть качественному смесеобразованию. Такое неравномерное распределения угля по высоте слоя на решетке способствует развитию кратерного горения, что в свою очередь способствует локальному прогоранию колосников. Горящий уголь проваливается в прогоревших местах в зоны дутья, активно там горит и нередко за счет высокой температуры деформирует не только раму топки, но и задний вал, в связи с этим приходится останавливать котел и выводить его из работы. Капитальный ремонт топочного устройства ТЧЗМ-2 с заменой дорогостоящих узлов и деталей обходится в большие трудозатраты [3].

Необходимо отметить, что в данный период в «малой энергетике» применяется множество технологий подготовки и сжигания угля. Практический интерес представляют технологии, сочетающие в себе как высокую экономическую эффективность, так и высокую экологическую чистоту. К таким технологиям следует отнести в том числе и технологию сжигания угля в псевдосжиженном – кипящем слое.

Для снижения нагрузки на окружающую среду и повышения КПД котлов авторы предложили и реализовали новые технические решения по месту эксплуатации котлоагрегата в пос. Куранах Алданского улуса, Республика Саха (Якутия), в центральной отопительной котельной КВ-ТС-10. Новое топочное устройство условно назвали «ТУ-3М», оно в процессе работы выполняет все три механические операции. Вместо подвижного колосникового полотна ТЧЗМ-2 смонтировали неподвижную колосниковую решетку, в которой вместо колосников – сопла. Сопла особой конструкции имеют разное назначение: для зоны активного горения и зоны догорания (рис. 1). Такая конструкция колосниковой решетки топочного устройства «ТУ-3М» с соплами для первичного воздуха с давлением под решеткой 45-50 мм вод. ст. обеспечивает процесс горения в псевдосжиженном – кипящем слое [4].

На базе штатного топочного устройства ТЧЗМ-2 котла КВ-ТС-10 выполнена замена топки на разработанную топку «ТУ-3М», которая выполняет не две, а три механические операции, что определяет 100%-ную степень механизации топочного процесса.

Первая операция – подача угля осуществляется штатным механическим устройством, пневмомеханическим питателем твердого топлива марки ПМЗ-600.

Вторая операция – удаление очаговых остатков шлака из топочной камеры осуществляется шурующей планкой, которая сбрасывает его в гидроканал, и далее штатная система – скреперная установка удаляет шлак в накопительный бункер.

Третья операция – шурование слоя топлива на решетке обеспечивает эффективный гидродинамический процесс и удаление прогоревших очаговых остатков. Топочное устройство «ТУ-3М», разработанное авторами в процессе работы, показало эффективные теплотехнические и эксплуатационные характеристики при максимальной тепловой нагрузке. КПД котлоагрегата уверенно достигал значений 72-75%.

Эффективный процесс горения с топкой «ТУ-3М» обеспечивается острым дутьем первичного воздуха под решетку и многофункциональной работой шурующей планки. Движение планки выполнено только в одном направлении, что позволяет разрыхлять довольно высокий слой топлива (150 мм), происходят качественное выравнивание

слоя топлива по всей площади зеркала горения и удаление прогоревших очаговых остатков в гидроканал. По каналу скреперная установка перемещает их в бункер-накопитель с последующим удалением за пределы теплоисточника. Период прохождения и скорость шурующей планки регулируются машинистом котла по мере тепловой нагрузки котлоагрегата, а именно в соответствии с температурным графиком работы котельной в целом [5].

Топочное устройство «ТУ-3М» рекомендуется устанавливать с водогрейными котлами типа КВ-ТС-4,0;

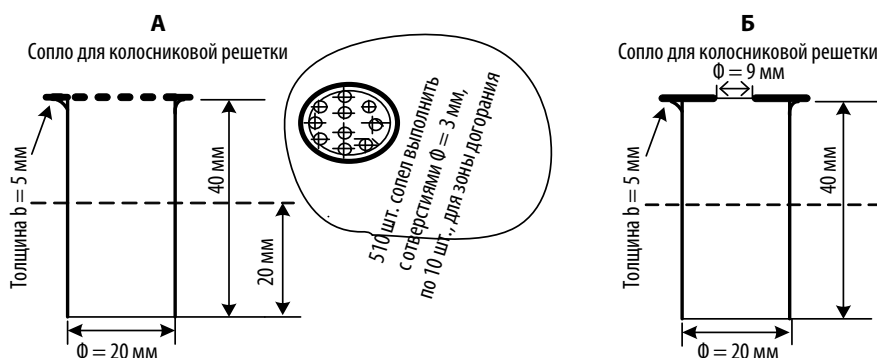


Рис.1. Сопла «А» для зоны догорания, сопла «Б» для зоны активного горения  
Fig.1. Nozzles Type "A" for the final combustion zone, nozzles Type "B" for the active combustion zone

КВ-ТС-6,5; КВ-ТС-10 с тепловой производительностью от 4 до 10 Гкал/ч.

Конструктивное исполнение топки, схема подачи твердого топлива, дутьевого воздуха под решетку и работа шурящих планок с приводом представлены на рис. 2, 3.

При внедрении новых технических решений использовался комплексный подход, основанный на экспериментальных исследованиях и сравнительных анализах экологической и теплотехнической эффективности работы технического устройства топки «ТУ-3М» с водогрейным котлом КВ-ТС-10. В процессе сжигания низкосортного угля в предлагаемом устройстве топочные процессы проходят максимально эффективно, обеспечивают стабильный процесс горения на всех режимах тепловой нагрузки.

При максимальной тепловой производительности котла значение КПД соответствует численному значению не ниже 75% с существенным снижением вредных выбросов в окружающую среду. Экспериментальные результаты влияния эффективной работы шурящей планки на распределение фракций угля по зеркалу горения в активной зоне представлены в табл. 1, 2. Из табл. 1, 2 следует, что после прохождения планки существенно меняется соотношение крупных и мелких фракций угля.

Такое распределение фракций угля на колосниковой решетке способствует стабильному высокотемпературному горению независимо от возможного попадания с массой угля комков снега. На всех северных территориях, да и на территории БАМа, объекты теплоснабжения не имеют оборудованных закрытых складов и площадок для хранения и складирования угля, за некоторым исключением оборудованы навесы только над приемными решетками системы топливоподдачи.

При внедрении неподвижной колосниковой решетки «ТУ-3М» с соплами для дутья первичного воздуха активная площадь горения решетки составляет  $F = 7,48 \text{ м}^2$ , которая состоит из 46 рядов и в каждом ряду по 80 штук сопел диаметром 9 мм. Отношение активной площади горения колосниковой решетки к площади прозоров-сопел составляет живое сечение  $n = 3,07\%$ , что обеспечивает острое дутье с достаточно полным проникновением на всю высоту слоя топлива  $h = 150-170 \text{ мм}$ . В процессе витания частиц топлива вверх и вниз происходит активное реагирование всей площади частицы с воздухом, что обеспечивает максимальное выгорание. На максимальной нагрузке работы котла и топки

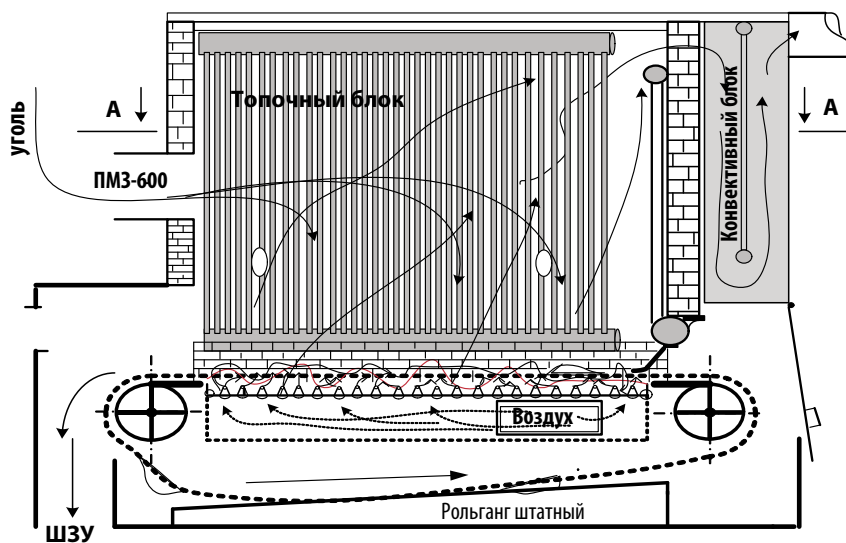
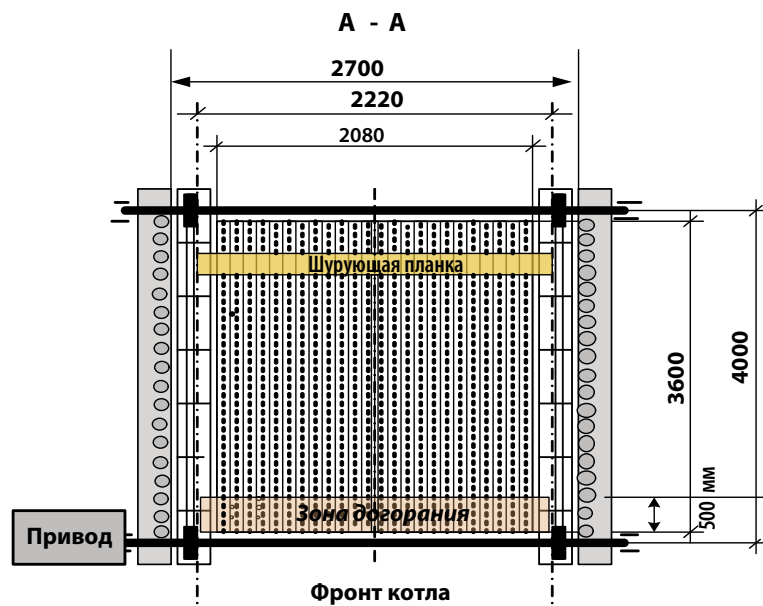


Рис. 2. Схема подачи топлива, дутьевого воздуха и работы шурящих планок  
Fig. 2. Schematic diagram of the fuel and blast air supply and operation of poking bars



46 рядов, в каждом ряду по 80 сопел,  $\Phi = 9 \text{ мм}$ ,  
итого сопел  $N = 3680 \text{ шт.}$ , живое сечение решетки – 3,07%

Рис. 3. Привод шурящими планками

Fig. 3. Drive by poking bars

слой топлива в топочной камере увеличивается в объеме в полтора-два раза, надслойное температурное ядро приобретает соломенный цвет, что характеризует процесс горения в активной фазе с температурой горения  $950-980^\circ\text{C}$ . При переменных тепловых нагрузках котлоагрегата изменения температуры в топочном пространстве от высоты слоя топлива представлены на графике (рис. 4).

Топка «ТУ-3М» изготавливается в основном из аналогичных деталей топочного устройства ТЧЗМ-2 и части материалов, которые не требуют специального изготовления и доставки на объект монтажа. Устройство шурящей планки

Таблица 1

**Результаты распределения фракций угля в слое до начала прохода шурующей планки**

Results of the coal fractions distribution in the layer before the start of the poking bar passing

Класс крупности, мм	Проба 3, %	Проба 2, %	Проба 1, %	Объем мелких фракций угля в зоне активного горения, %	Объем крупных фракций угля в зоне активного горения, %
0–6	65,25	62,25	63,50	63,66	–
6–13	22,25	24,00	24,00	–	23,42
13–25	7,40	8,00	7,50	–	7,6
25–40	5,10	5,75	5,00	–	5,3
Итого	–	–	–	63,66	36,3

Таблица 2

**Результаты распределения фракций угля в слое после прохождения шурующей планки**

Results of the coal fractions distribution in the layer after the poking bar passing

Класс крупности, мм	Проба 3, %	Проба 2, %	Проба 1, %	Объем мелких фракций угля в зоне активного горения, %	Объем крупных фракций угля в зоне активного горения, %
0–6	18,00	35,00	37,00	30,0	–
6–13	26,00	18,00	11,50	–	18,5
13–25	29,50	23,00	23,00	–	25,2
25–40	26,50	24,00	28,50	–	26,3
Итого	–	–	–	30,0	70,05

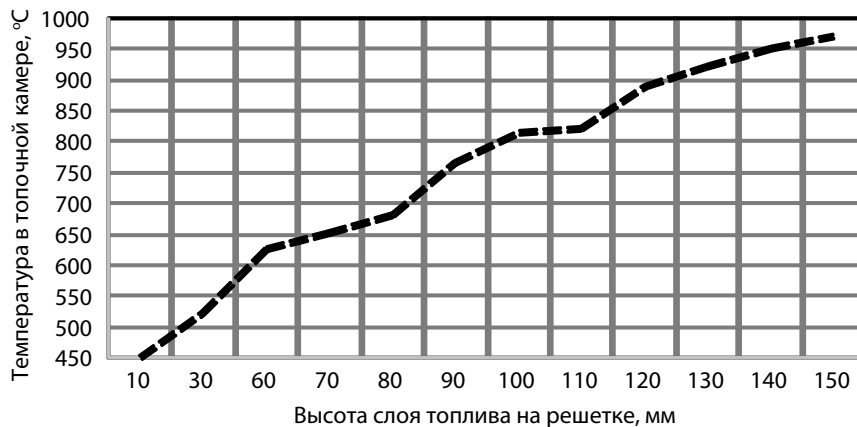


Рис. 4. Изменение температуры от высоты слоя топлива на колосниковой решетке топочно устройства «ТУ-3М» в кипящем слое

Fig. 4. Temperature changes depending on the height of the fuel layer in the fluidized bed on the grate of the TU-3M furnace

состоит из трех стяжных валиков (бимса) диаметром 22 мм, длиной 2220 мм, собирается из жаропрочного чугуна среднего держателя б/у. Планка набирается в следующей последовательности: три держателя со спиленной ножкой, следующий целый и так далее (рис. 5). Всего три шурующей планки монтируются на штатных приводных цепях: первой и последней – седьмой, которые приводятся в движение штатным приводом решетки ТЧЗМ-2-2,7/4,0. При проходе

шурующей планки сквозь слой горящего топлива возможны незначительные динамические нагрузки на планку (деформация-прогиб), поэтому предусмотрена промежуточная скользящая опора, которая монтируется по центру колосниковой решетки из чугунных держателей (средний) (см. рис. 3).

Штатное вспомогательное оборудование котла КВ-ТС-10, которым был укомплектован котел: тягодутьевая установка (дутьевой вентилятор и дымосос); механический питатель угля (ПМЗ-600), осуществляющий подачу топлива в топку; штатная скреперная установка для удаления очаговых остатков (шлака) из топки, а также приборы контроля, учета и регистрации, используются в полном объеме с предлагаемым топочным устройством «ТУ-3М».

При работе котла с переменными тепловыми нагрузками скорость движения шурующих планок по мере надобности машинистом котла настраиваются посредством потенциометра с пульта управления штатного привода колосниковой решетки. Скорость шурующих планок при максимальной тепловой нагрузке котла составляет  $V = 15$  м/ч, то есть каждые 15-18 мин планка проходит по всей длине колос-

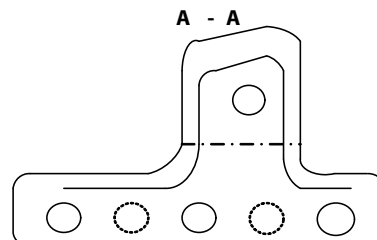
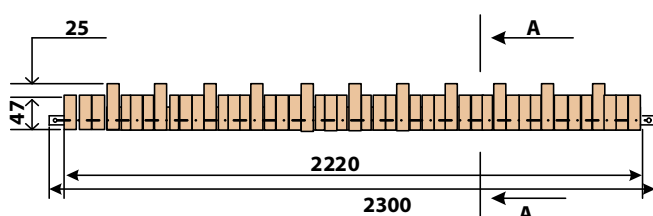


Рис. 5. Шурующая планка топочно устройства «ТУ-3М»

Fig. 5. A poking bar of the TU-3M furnace

никовой решетки, это 3,6 м. На выходе из топочного пространства планка сбрасывает шлак в шлаковый бункер и далее движется по холодной зоне, через 35-40 мин планка возвращается в топку и так далее, меняя друг друга.

При температурном воздействии в процессе нахождения в топочном пространстве нагрев планок происходит в допустимых значениях и не требует дополнительного охлаждения.

В водогрейных котлах серии КВ-ТС компоновка топочных и конвективных блоков изготавливается по схеме, где площадь топочных панелей существенно больше, чем площадь конвективной части котла. В связи с этим процесс горения необходимо проводить в развитом по высоте слое топлива. Топочное устройство «ТУ-3М» обеспечивает высоту слоя топлива на колосниковой решетке до 150-170 мм [6].

Горение на решетке топочного устройства ТЧЗМ-2 котла КВ-ТС-10 происходит в тонком слое, толщина которого устанавливается (при режимной наладке котла) в зависимости от сорта топлива и тепловой нагрузки котла, но не более 30-70 мм, поэтому в таких топках не предусмотрено шурование слоя топлива. Топки ТЧЗМ-2 с такой организацией топочного процесса более рационально работают с паровыми котлами, у которых площадь нагрева конвективных блоков в разы больше топочных блоков. С водогрейными котлами, особенно при сжигании некачественных углей в тонком слое, котел технологически не может обеспечить расчетные температурные параметры теплоносителя.

Как установлено из опытов по разделению фракций топлива в кипящем слое, сопротивление активной площади горения распределяется равномерно по колосниковой решетке, что исключает предпосылки для появления кратерного горения. Под решеткой давление от 55 до 60 мм вод. ст. способствует переходу процесса горения топлива в состояние кипящего слоя с последующей устойчивой стабилизацией давления под решеткой в диапазоне 40-47 мм вод. ст.

Такие значения параметров давления воздуха обеспечивают интенсивность дутья, превышающую предел устойчивости плотного слоя, и переход процесса горения в активную фазу, т.е. состояние горения в кипящем слое (рис. 6).

В топочном устройстве «ТУ-3М» для улучшения процесса горения, а именно для эффективного сжигания пылевидных частиц топлива, выполнен монтаж штатной системы – возврат уноса парового котла КЕ-10. Систему «возврат уноса» переформатировали в систе-

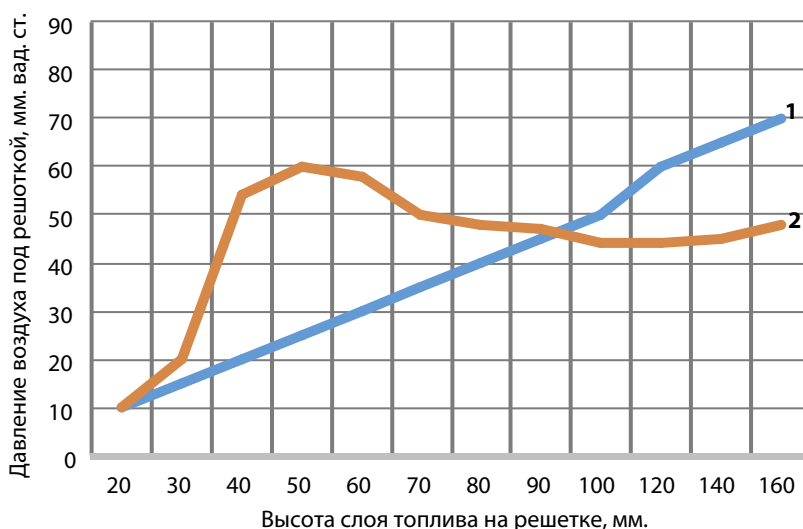


Рис. 6. Зависимость давления под решеткой и высоты слоя топлива на решетке «ТУ-3М» при горении угля в кипящем слое

Fig. 6. Dependence of the pressure below the grate and the height of the fuel layer on the grate of the TU-3M furnace during the coal combustion in the fluidized bed

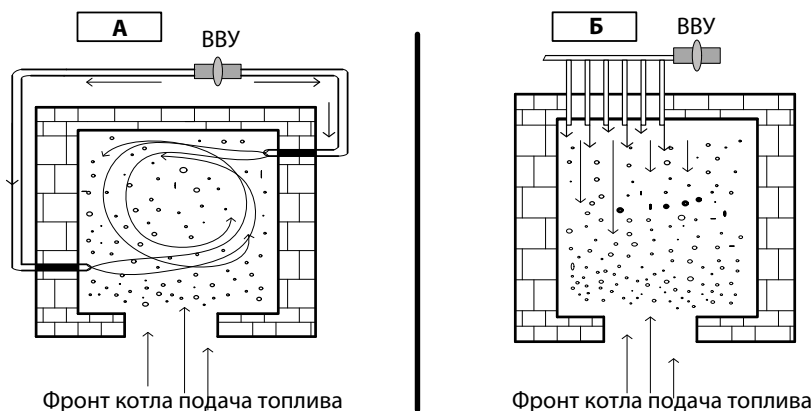


Схема реконструкции вторичного дутья топочной камеры с топкой – «ТУ-3М», котла КВ-ТС-10. ВВУ – штатный вентилятор возврата уноса:  
**А – после реконструкции; Б – заводской вариант**

Рис. 7. Система организации вторичного дутья в топочной камере водогрейного котла КВ-ТС-10 с топкой «ТУ-3М»

Fig. 7. The system of secondary blast assembled in the TU-3M furnace chamber of the KV-TS-10 water-heating boiler

му дутья вторичного воздуха. Воздух в топочную камеру подается по схеме тангенциального движения, что обеспечивает циклонные вихри в топке, такой процесс способствует практически полному выгоранию пылевидных фракций (рис. 7).

Наибольшие затруднения у работников «малой энергетики» вызывает решение проблемы сокращения выбросов в атмосферу оксидов азота (NOx), поскольку оксиды азота в дымовых газах содержатся при любой тепловой нагрузке котла. Данные фактической массы выбросов вредных веществ на единицу тепловой энергии при сжигании топлива с большим содержанием пылевидных фракций для сравнительного анализа приведены с топочными устройствами ТЧЗМ-2 и «ТУ-3М» в табл. 3.

**Величина удельных вредных выбросов при работе котла KB-TC-10 с топочным устройством «ТУ-3М» и «ТЧЗМ-2» и с тангенциальным дутьем вторичного воздуха**

The value of specific harmful emissions during operation of the KV-TS-10 boiler with the TU-3M and TCHZM-2 furnaces and with tangential secondary air blast

Топливо (уголь) и топочное устройство	*NO <sub>x</sub> (0,31 кг/Гкал)	*СО (50,6 кг/Гкал)	*SO <sub>x</sub> (1,9 кг/Гкал)	*Твердые частицы, (1 кг/Гкал)
Нерюнгринский уголь ( $S = 0,4\%$ , $N = 0,8\%$ ), процесс сжигания в топке «ТУ-3М», кг/Гкал	0,39	62,8	1,05	1,25
Нерюнгринский уголь ( $S = 0,4\%$ , $N = 0,8\%$ ), процесс сжигания в слоевой топке (ТЧЗМ-2), кг/Гкал	0,59	93,8	1,4	2,15

\* Условный норматив в кг вредных выбросов на единицу тепловой энергии.

Из табл. 3 следует, что токсичные составляющие уходящих газов в котле, работающем с топкой «ТУ-3М», при сжигании угля с большим содержанием пылевидных фракций уменьшаются существенно. До получения нормативных значений необходимо котельную оснащать современными улавливающими устройствами по тракту топочных газов, в данный период такая модернизация котельной сопряжена с большими капитальными затратами.

На основании проведенных практических исследований процесса горения в кипящем слое топки «ТУ-3М» установлено, что такое горение способствует снижению концентрации кислорода и окиси азота. Эти результаты служат достаточным основанием для вывода, что работа топки «ТУ-3М» и котла в целом достаточно эффективна и соответствует тем результатам, которые были заложены авторами статьи в расчетах при проектировании устройства (рис. 8).

Таким образом, новые технические решения позволяют приблизиться к глобальным климатическим целям, установленным международными повестками дня [7, 8, 9, 10, 11, 12].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены результаты исследования, анализирующие ряд проблем, характерных для слоевых топок (ТЧЗМ-2 и ТЛЗМ-2) Кузинского машиностроительного завода, которые установлены на водогрейных котлах малой и средней мощности.

В статье показано, что конструктивные элементы этих топок не способствуют эффективному сжиганию сильно пылящих углей, особенно с водогрейными котлами. При сжигании низкосортных углей по фракционному составу в слоевых топках образуется механический недожог в объеме 45% и более. Отмечено, что разработанное авторами статьи новое топочное устройство «ТУ-3М», конструкция которого успешно эксплуатируется на теплоснабжающем предприятии пос. Куранах Алданского улуса, Республика Саха (Якутия), и на территории БАМа,

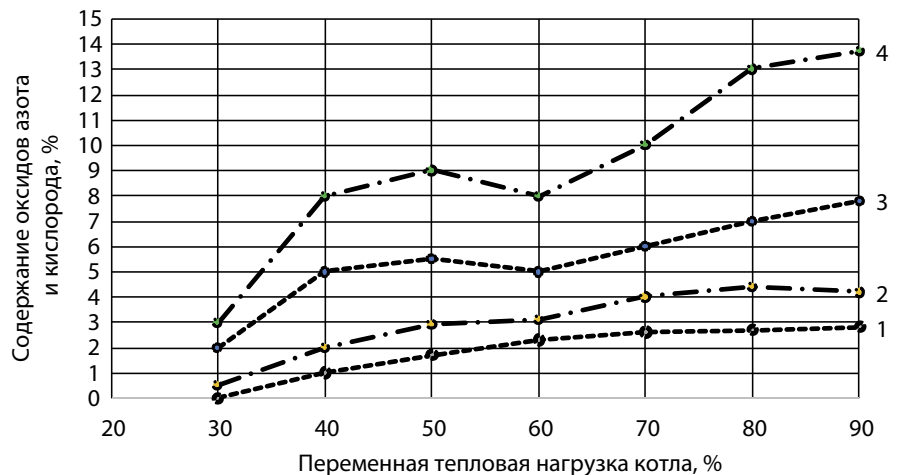


Рис. 8. Зависимость содержания оксидов азота и кислорода в уходящих газах от вида топочных устройств: 1 – топка «ТУ-3М», оксиды азота, 2 – топка ТЧЗМ-2, оксиды азота, 3 – кислород с топкой «ТУ-3М», 4 – кислород с топкой ТЧЗМ-2

Fig. 8. Dependences of the content of nitrogen oxides and oxygen in the flue gases in different furnaces: 1 – TU-3M furnace, nitrogen oxides, 2 – TChZM-2 furnace, nitrogen oxides, 3 – TU-3M furnace, oxygen, 4 – TChZM-2 furnace, oxygen

обеспечивает теплотехнические и эксплуатационные характеристики, заложенные в расчетных значениях, в полном объеме.

Сжигание низкосортного твердого топлива Нерюнгринского месторождения в топке «ТУ-3М» осуществляется в режиме кипящего слоя [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

В конструкции топки «ТУ-3М» смонтирована схема вторичного дутья в топочное пространство, такая схема с тангенциальным дутьем при сжигании низкосортного топлива способствует снижению его расхода на 2,5-3,0% и дожиганию твердых частиц в газоздушном потоке на 10-15%. Новая конструкция топки «ТУ-3М» позволяет более эффективно осуществлять нагрев воды за счет полного сгорания топлива, что существенно уменьшает механический недожог и, следовательно, сокращает вредные выбросы в атмосферу.

### Список литературы

1. Lebot B., Weiland M. Policies and Programs Critical for Greater Energy Efficiency // Economic Policy. Vol. 15. No 2. P. 148-167.
2. Белосельский Б.С., Соляков В.К. Энергетическое топливо. М.: Энергия, 1980. 168 с.

3. Галкин В.И., Куликов В.Е. Эксплуатация и ремонт котельных установок: Учебное пособие для техникума. М: Энергоатомиздат, 1983. 240 с.
4. Сидоров А.М. Разработка и исследование топок и котлов с низкотемпературным кипящим слоем: дис. ... канд. техн. наук. Барнаул: АлтГТУ, 2002. 195 с.
5. Пузырев Е.М. О распределении параметров в топках с кипящим слоем. В сб.: Теплоэнергетика электрических станций и промышленных установок. Томск: Изд-во ТЛИ, 1981. С. 69-73.
6. Семенов Н.А., Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. М: Энергоатомиздат, 1960. 95 с.
7. Cornelis M. Energy Efficiency, the Overlooked Climate Emergency Solution // *Economic Policy*. 2020. Vol. 15. No 2. С. 48-68.
8. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the Establishment of a Carbon Border Adjustment Mechanism. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0564> (дата обращения: 15.12.2023).
9. Tudor C., Sova R. Benchmarking GHG Emissions: Forecasting Models for Global Climate Policy // *Electronics*. 2021. No 10. 3149.
10. Вавилов В.И., Катин В.Д. Модернизация действующих котлоагрегатов с целью оптимизации горения и сокращения вредных выбросов в атмосферный воздух / Труды Региональной научно-техн. конф. ДВГУПС. Хабаровск: ДВГУПС, 2006. Т. 2. С. 163-166.
11. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов. Опыт и практика. М.: Энергоатомиздат, 1983. 208 с.
12. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). М.: Энергия, 1973. 295 с.
13. Комплексные районные тепловые станции. Концепция. / В.Е. Нагоряков, С.В. Алексеенко, А.С. Басин и др. Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 1996. 15 с.
14. Пузырев Е.М. Организация топочного процесса в кипящем слое. Обзорная информация. М.: ЦДИИТЭИтяжмаш, 1990. Вып. 12. 36 с.
15. Баскаков А.П., Мацнев В.В., Распопов И.В. Котлы и топки с кипящим слоем. М.: Энергоатомиздат, 1996. 352 с.
16. Применение котлов ЦКС для замены устаревших пылеугольных котлов / Г.А. Рябов, Е.Н. Толчинский и др. // Теплоэнергетика. 2000. №8. С.14-19.
17. Саломатов В.В. Парогенератор с циркулирующим кипящим слоем в составе экологически перспективной ТЭЦ. В сб. Теплоэнергетика. Физико-технические проблемы, новые технологии. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. С. 202-225.
18. Теория топочных процессов / Г.Ф. Кнорре, К.М. Арефьев, А.Г. Блох и др. М.-Л.: Энергия, 1966. 491 с.
19. Поведение топливных частиц и формирование уноса в кипящем слое / Е.М. Пузырев, Г.П. Пронь и др. В сб. «Теплоэнергетика электрических станций и промышленных установок». Томск: Изд-во ТПИ, 1981. С. 62-68.

## Original Paper

UDC 622.481.24:697.326:622.85 © V.I. Vavilov, L.V. Kosarev, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 86-93  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-86-93>

## Title

## INCINERATION OF UNSORTED COALS IN FLUIDIZED BED

## Author

Vavilov V.I.<sup>1</sup>, Kosarev L.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technical Institute (branch) of North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Neryungri, 678960, Russian Federation

## Authors Information

**Vavilov V.I.**, PhD (Engineering), Associate Professor at the Department of the Civil Engineering

**Kosarev L.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor at the Departments of the Civil Engineering, e-mail: [leonid\\_kosarev@mail.ru](mailto:leonid_kosarev@mail.ru)

## Abstract

The problem of burning coals with a large content of dust fractions in boilers of low thermal capacity in the harsh conditions of the Far North is considered. New technical solutions have been proposed for the reconstruction of existing combustion devices in hot water boilers, which will reduce mechanical combustion failure and emissions of harmful substances into the atmosphere. To solve this problem, there are also proposals from the Government of the Russian Federation to consistently displace part of the volume of low-quality solid fuel from the sphere of "small energy" – the housing and communal services industry in the Far East, by replacing it preferably with gas. Considering that the process is long-term and labor-intensive, in this period and in subsequent years, such solid fuel will have to be burned in the housing and communal services industry, therefore, one cannot do without the introduction of rationalization and technical solutions to improve furnace processes. Currently, the fuel balance of the Republic of Sakha (Yakutia) and Baikal-Amur Railway area involves cheap coals from eastern deposits, in particular Neryungrinsky deposit, which, as a rule, are supplied to the housing and communal services industry with a high content of dust fractions with particle sizes from 0 to 3 mm, in the amount of 40-50% or more. When using

such coal fractions, combustion in the layer furnace is unbalanced, and the efficiency of boilers does not exceed the minimum 45-55%. The outgoing flue gases of boilers actively emit unburned solid particles and a large volume of harmful substances into the atmosphere, which leads to a deterioration in the environment of the Northern Territories.

## Keywords

Energy policy, Dust fractions, Mechanical incompleteness of combustion, Crater combustion, Harmful emissions into the atmosphere.

## References

1. Lebot B. & Weiland M. Policies and Programs Critical for Greater Energy Efficiency. *Economic Policy*, 2020, Vol. 15, (2), pp. 148-167.
2. Beloselsky B.S. & Solyakov V.K. Power fuel. Moscow, Energy Publ., 1980, 168 p. (In Russ.).
3. Galkin V.I. & Kulikov V.E. Operation and repair of boiler plants. Textbook for vocational schools. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1983, 240 p. (In Russ.).
4. Sidorov A.M. Development and research of furnaces and boilers with low temperature fluidized bed. Cand. eng. sci. diss., Barnaul, Altai State Technical University Publ., 2002, 195 p. (In Russ.).
5. Puzyrev E.M. On distribution of parameters in furnaces with fluidized bed. In collected works: Heat power engineering of electric power plants and industrial installations, Tomsk, TPI Publ., 1981, pp. 69-73. (In Russ.).
6. Semenenko N.A., Sidelkovsky L.N. & Yurenev V.N. Industrial boiler plants. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1960, 95 p. (In Russ.).

7. Cornelis M. Energy Efficiency, the Overlooked Climate Emergency Solution. *Economic policy*, 2020, Vol. 15, (2), pp. 48-68.
8. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the Establishment of a Carbon Border Adjustment Mechanism. [Electronic resource]. Available at: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0564> (accessed 15.12.2023). (In Russ.).
9. Tudor C. & Sova R. Benchmarking GHG Emissions: Forecasting Models for Global Climate Policy. *Electronics*, 2021, (10), 3149.
10. Vavilov V.I. & Katin V.D. Upgrading of operating boiler units in order to optimize combustion and reduce harmful emissions into the atmosphere. Proceedings of the Regional Scientific and Technical Conference, Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, DVGUPS Publ., 2006, Vol. 2, pp. 163-166. (In Russ.).
11. Efficient use of fuel and energy resources. Experience and practice. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1983, 208 p. (In Russ.).
12. Thermal calculation of boiler units (normative method). Moscow, Energia Publ., 1973, 295 p. (In Russ.).
13. Nakoryakov V.E., Alekseyenko S.V., Basin A.S. et al. Integrated district heating plants. A concept. Novosibirsk, Institute of Thermophysics of the SB of RAS Publ., 1996, 15 p. (In Russ.).
14. Puzyrev E.M. Management of burning process in a fluidized bed. An overview. Moscow, TsDIITeltyazhmash Publ., 1990, Issue 12, 36 p. (In Russ.).
15. Baskakov A.P., Matsnev V.V. & Raspopov I.V. Boilers and furnaces with fluidized bed. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1996, 352 p. (In Russ.).
16. Ryabov G.A., Tolchinsky E.N. et al. Application of boilers with circulating fluidized bed to replace the obsolete pulverized-coal fired boilers. *Teploenergetika*, 2000, (8), pp.14-19. (In Russ.).
17. Salomatov V.V. Steam generator with circulating fluidized bed as a part of ecologically perspective Central Heating and Power Plant. In collected works: Thermal Power Engineering. Physical and engineering challenges, new technologies. Novosibirsk, NGTU Publ., 2001, pp. 202-225. (In Russ.).
18. Knorre G.F., Arefiev K.M., Blokh A.G. et al. Theory of the burning processes. Moscow-Leningrad, Energia Publ., 1966, p. 491 (In Russ.).
19. Puzyrev E.M., Pron G.P. et al. Behavior of fuel particles and formation of fly ashe in the fluidized bed. In collected works: Heat power engineering of electric power plants and industrial installations, Tomsk, TPI Publ., 1981, pp. 62-68. (In Russ.).

**For citation**

Vavilov V.I. & Kosarev L.V. Incineration of unsorted coals in fluidized bed. *Ugol*, 2024, (1), pp. 86-93. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-86-93.

**Paper info**

Received September 25, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted December 7, 2023

## Страны АТР остаются лидерами по темпам строительства угольных ТЭС

**Глобальная мощность строящихся угольных теплоэлектростанций (ТЭС) к июлю 2023 г. достигла 204,2 гигаватта (ГВт), из них 193,5 ГВт приходилось на пять стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) – Китай, Индию, Индонезию, Бангладеш и Вьетнам. Такие данные приводит Global Energy Monitor в обновленной статистической сводке о развитии инфраструктуры угольной генерации.**

Доля этих стран в общей структуре мощности строящихся угольных ТЭС к июлю 2023 г. достигла 94,8%; еще 0,8% (1,6 ГВт) приходилось на ЮАР, тогда как доля всех прочих государств составила лишь 4,4% (9,1 ГВт). В результате первая «шестерка» наполовину состояла из стран, являющихся крупными производителями угля: к их числу относится Китай, обеспечивший в прошлом году 49% глобального производства энергетического угля (3 561 млн т из 7 221 млн т), а также Индонезия и ЮАР, на долю которых в 2022 г. приходился 51% общемирового экспорта энергетического угля (538 млн т из 1045 млн т, согласно данным Международного энергетического агентства, МЭА).

При этом Китай в ближайшие годы планирует сократить зависимость от импорта угля. Косвенно об этом свидетельствует динамика капиталовложений в развитие угледобычи: если в 2018 г. инвестиции в добычу угля в КНР составили 55 млрд дол. США, то в 2022 г. их объем увеличился до 96 млрд дол., а по итогам 2023 г. он достигнет 105 млрд дол., согласно прогнозу МЭА. Одновременно с этим Китай постепенно сокращает инвестиции в строительство угольных ТЭС: в 2018 г. на их сооружение в КНР

ушло в общей сложности 36 млрд дол. США, тогда как в 2023 г. этот показатель снизится до 19 млрд дол. США. Это будет играть на торможение угольного импорта в КНР, тем более что страна является мировым лидером по развитию ВИЭ: в 2022 г. на долю КНР пришлось 46% глобального ввода ветровых и солнечных генераторов (123 ГВт из 266 ГВт, согласно данным Международного агентства по ВИЭ).



Помимо наличия собственного сырья в странах – операторах угольных ТЭС на торможение глобальной торговли углем будет играть и технологический сдвиг в угольной электрогенерации. Речь идет о распространении так называемых ультрасверхкритических угольных ТЭС, КПД которых составляет от 44% до 46% (чем выше КПД, тем меньше угля требуется для выработки одного и того же объема

электроэнергии). Если среди действующих по всему миру угольных ТЭС доля ультрасверхкритических угольных ТЭС к июлю 2023 г. составляла 20%, то среди строящихся – 66%.

По оценке экспертов ассоциации «Глобальная энергия», аналогичные показатели для субкритических ТЭС (с КПД от 33% до 37%) составляли 53% и 4% соответственно, а для сверхкритических ТЭС (с КПД от 37% до 40%) – 27% и 30%. Эти изменения будут играть на снижение экологического следа угольной генерации, но при этом повлекут за собой дополнительные риски для крупнейших в мире экспортеров угля.

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

*Источник фото – ассоциация «Глобальная энергия»*

# Разработка мероприятий по совершенствованию вращательно-падающего механизма бурового станка

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-94-99>

## МУМИНОВ Р.О.

Доктор техн. наук, доцент  
кафедры «Технология машиностроения»  
Навоийского государственного  
горно-технологического университета,  
210100, г. Навои, Узбекистан,  
e-mail: rashid\_81@mail.ru

## РУЗИБАЕВ А.Н.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры «Технология машиностроения»  
Навоийского государственного  
горно-технологического университета,  
210100, г. Навои, Узбекистан,  
e-mail: ruzibaev\_alisher@mail.ru

## ЖУРАЕВ Н.Н.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры «Технология машиностроения»  
Навоийского государственного  
горно-технологического университета,  
210100, г. Навои, Узбекистан,  
e-mail: Nodirjura@mail.ru

## РАВШАНОВ Ж.Р.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры «Технология машиностроения»  
Навоийского государственного  
горно-технологического университета,  
210100, г. Навои, Узбекистан,  
e-mail: ravshanov.zhamshib@mail.ru

## КУЗИЕВ Д.А.

Канд. техн. наук, доцент  
кафедры горного оборудования,  
транспорта и машиностроения  
Горного института НИТУ «МИСИС»,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: da.kuziev@misis.ru

В настоящей статье обоснованы и описаны конструкция и принцип действия электро-гидромеханического вращателя, приведены результаты экспериментальных исследований опытного образца, методика и программа исследований, подготовка аппаратуры, цель исследований, обработка и анализ результатов экспериментальных исследований бурового станка типа СБШ-250МНА-32.

**Ключевые слова:** пневмогидравлический аккумулятор, долговечность, электрогидромеханический вращатель бурового става, вибрация, эффективность, работоспособность, виброизмерительная аппаратура.

**Для цитирования:** Разработка мероприятий по совершенствованию вращательно-падающего механизма бурового станка / Р.О. Муминов, А.Н. Рузибаев, Н.Н. Жураев и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 94-99. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-94-99.

## ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением экономического и социального развития Республики Узбекистан предусматривается обеспечение дальнейшего укрепления и расширения минерально-сырьевой базы страны. Опережающими темпами необходимо развивать добычу угля и золота прогрессивным открытым способом, чтобы повысить его долю в общей добыче не менее чем на 50%. Это позволит снизить себестоимость продукции и работ в промышленности на 4-5% [1].

Основным и весьма трудоемким производственным процессом на разрезах страны является бурение скважин. До 40% общих затрат при добыче полезного ископаемого приходится на буровые работы [2, 3].

Многолетние наблюдения за работой буровых станков, изучение критических мнений горнодобывающих предприятий и проведение ряда исследований показывают, что одним из основных недостатков бурения скважин в сложных структурных массивах является высокая вибрация буровой штанги [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Вибрации вызывают появление трещин и поломок элементов конструкции, пагубно влияют на обслуживающий персонал и увеличивают стоимость эксплуатации машин. По мере увеличения источника энергии и динамической нагрузки движения увеличивается и потребление энергии. Например, при сильных вибрациях буровых станков доля энергии, затрачиваемой на создание полез-



ного вращательного момента, составляет 30-50%. В результате большая часть установленной мощности прихода машины остается неиспользованной [10]. В карьере «Урталик», расположенном на руднике «Зармитан» Навоийского горно-металлургического комбината, применяется усовершенствованная конструкция электрогидромеханического вращательно-падающего механизма бурового станка СБШ-250МНА-32.

Данная работа направлена на дальнейшее совершенствование данного электрогидромеханического вращательно-передающего механизма, служит повышению его надежности и долговечности.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для наиболее полного гашения колебаний металлоконструкции станка, вызванных в основном вертикальными перемещениями бурового става, совместно с использованием электрогидромеханического вращателя предусмотрена установка модернизированных подающих цилиндров.

Снижение вибрации достигается путем устранения недостатков конструкции подающего механизма [2, 3, 11], следствием которых являются:

- значительная сила трения в уплотнениях поршня и штока гидроцилиндров подачи, суммарная сила трения в уплотнениях двух гидроцилиндров подачи при давлении 10 МПа колеблется в пределах 6-9 кН;

- отсутствие возможности перемещения поршня гидроцилиндра в сторону, противоположную его рабочему движению при импульсном нагружении бурового става в вертикальной плоскости. В настоящее время эксплуатация буровых станков типа СБШ-250МНА-32 показывает, что в удовлетворительных условиях работают только узлы уплотнений поршня. Уплотняемые поверхности штока гидроцилиндров не отвечают предъявля-

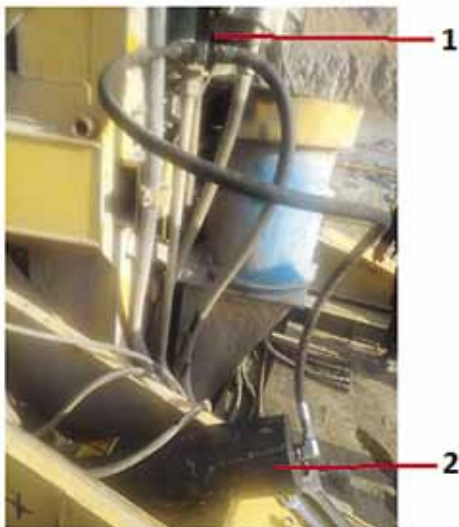


Рис. 1. Подключение пневмогидравлического аккумулятора к магистрали модернизированных цилиндров подачи бурового станка СБШ-250МНА-32

Fig. 1. Connection of a hydro-pneumatic accumulator to the main line of upgraded feed cylinders of the SBSH-250MNA-32 drilling machine

емым требованиям и через незначительное время эксплуатации покрываются сетью продольных царапин глубиной до 0,5 мм.

Свободное перемещение линии поршня цилиндра 1 достигается подключением к его полостям пневмогидравлических аккумуляторов 2 (рис. 1).

Аккумуляторы могут быть как поршневые, так и с гибким разделителем. Последним следует отдать предпочтение. В поршневых аккумуляторах силы трения в уплотнениях поршня, а также его масса ограничивают область их применения по сравнению с аккумуляторами с гибким разделителем. Заполнение аккумуляторов производится азотом для обеспечения взрывобезопасности, а также для уменьшения процесса коррозии стенок.

Наибольший эффект снижения вибраций в вертикальной плоскости достигается путем установки пневмогидравлических аккумуляторов с гибким разделителем (емкость – 2,5 л и более и зарядное давление  $P_{\text{раб}} = 0,7-0,8$  МПа) в комплексе с модернизированными гидроцилиндрами подачи [2, 12].

При подключении аккумуляторов к базовым цилиндрам подачи их эффективность будет занижена.

Таким образом, подключение аккумулятора к штоковой полости гидроцилиндра снижает жесткость механизма подачи бурового станка более чем на 25% и не зависит от глубины бурения (числа штанг).

### МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Промышленные испытания позволили выявить недостатки в конструкции вращателя, которые требуют проведения следующих мероприятий:

- установка дополнительных уплотнений в крышке гидромашин;
- обеспечение принудительной смазки в планетарной вставке редуктора-вращателя;
- обеспечение автономной подпитки гидромашин;
- разработка гидроблока управления, обеспечивающего работу привода на всех режимах;
- установка гидроблока управления в машинном отделении станка;
- установка пневмогидравлических аккумуляторов на задней стенке мачты станка и подключение их к поршневой и штоковой полости цилиндров подачи;
- модернизация гидроцилиндров подачи с уплотнениями малого трения.

### МЕТОДИКА И ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОДГОТОВКА АППАРАТУРЫ

#### Цель исследований

Целью экспериментальных исследований бурового станка СБШ-250МНА-32 с электрогидромеханическим вращателем является;

- определение эффективности снижения уровня вибрации станка и динамических нагрузок в трансмиссии вращателя;
- установление возможности интенсификации режимов бурения при использовании электрогидромеханического вращателя и определение области рациональных режимных параметров;

– оценка влияния крутильных колебаний трансмиссии вращателя на вертикальные колебания станка.

Результатом экспериментальных исследований должны стать рекомендации по расчету, проектированию вращателей и вращательно-подающих механизмов, а также по выбору объемов и зарядных давлений гидропневмоаккумуляторов [2, 4].

### Программа испытаний

I этап – Работа станка без электрогидромеханического вращателя (чисто механическая передача).

II этап – Установка электрогидромеханического вращателя.

III этап – Установка модернизированных гидроцилиндров механизма подачи.

На каждом этапе испытаний проводятся следующие работы:

1. Производятся испытания станка вхолостую с целью проверки действия всех механических узлов, гидропривода и гидропередачи, пневматической системы, установки пылеулавливания, электрооборудования, автоматизированного электропривода и правильности их сборки и наладки после монтажа на разрезе.

2. Производятся испытания станка под нагрузкой и определяются:

- работоспособность вращательно-подающего механизма (ВПМ) и станка в целом, причем с полной нагрузкой;
- производительность станка (максимально возможная);
- стойкость бурового инструмента;
- энергетические затраты и расход материалов на бурение скважин;
- затраты времени (трудоемкость) на выполнение основных и вспомогательных операций в процессе бурения и их удельный вес в общем балансе рабочего времени;
- соответствие принятых в станке конструктивных решений правилам безопасности;
- соответствие техники и технологии бурения действующим нормам промсанитарии и гигиены труда;
- конструктивные недостатки станка и мероприятия по их устранению.

### Методика испытаний

За основные критерии оценки эффективности работы электрогидромеханического вращателя приняты: уровень динамических ускорений бурового станка, скорость бурения и производительность, на основании чего определен комплекс параметров, подлежащих измерению и регистрации:

- наименование и крепость разрабатываемых пород;
- амплитуда ускорения станка в вертикальной плоскости;
- амплитуда ускорения станка и горизонтальной плоскости, по продольной и поперечной осям станка;
- ток приводного электродвигателя;
- напряжение приводного электродвигателя;
- давление в магистрали высокого давления гидромашины;
- частота вращения бурового става или элемента трансмиссии, расположенного в кинематической цепи после планетарной передачи;

– давление в поршневых полостях гидроцилиндров подачи бурового става;

- стойкость шарошечных долот и характер износа;
- производительность станка.

Все проводимые измерения выполняются с использованием аппаратуры аналогового контрольно-измерительного комплекса, эффективность применения данной аппаратуры и методик измерения рассмотрены в работах [12, 13, 14, 15].

1. Регистрация всех параметров производится приборами VIBXPERT II, Топаз и Кварц.

2. Электрические параметры приводного двигателя измеряются и фиксируются по общепринятым схемам без применения специальных датчиков.

3. Частота вращения бурового става и скорость его подачи измеряются при помощи приборов VIBXPERT II, Топаз и Кварц.

4. Давление в магистралях измеряется с помощью телеметрических датчиков давления ТМД-100, ТМД-150, ТМД-250.

Контроль за изменением параметров  $I_{ab}, V_{CT}, V_{ab}, P_{oc}$  осуществляется по стрелочным приборам, установленным в кабине машиниста бурового станка, а за изменением давления в магистралях гидромашины – по манометрам МН1, МН2, установленным на гидроблоке.

Изменяемыми параметрами при проведении эксперимента являются:

- частота вращения става. Диапазон изменения – 50-150 об./мин;
- осевое усилие. Диапазон изменения – 10-24 кН;
- зарядное давление гидропневмоаккумулятора, установленного в магистрали высокого давления гидромашины. Диапазон изменения – 0,3-0,9  $P_{ном}$ .

Наибольшее количество замеров следует производить при скорости вращения става более 100 об./мин и осевом давлении более 20 кН для достоверного обоснования возможности бурения на форсированных режимах.

### Порядок выполнения программы исследований

Программа исследований включает работы, выполняемые в заводских условиях.

В заводских (лабораторных) условиях выполняются следующие работы:

- подготовка и тарировка телеметрических датчиков давления и изготовление соответствующей гидравлической арматуры;
- статическая тарировка комплекта виброизмерительной аппаратуры VIBXPERT II;
- монтаж и тарировка схем для измерения и регистрации напряжения и тока электродвигателя привода вращателя и скорости подачи бурового става;
- тарировка VIBXPERT II для измерения частоты вращения бурового става;
- разработка и изготовление узлов крепления VIBXPERT II и датчиков ДУС-5.

Первый этап проведения испытаний в условиях карьера предусматривает инструментальные испытания станка со штатным вращателем и цилиндрами подачи; установку VIBXPERT II, датчиков ускорений и датчиков дав-

ления; подключение измерительной и регистрирующей аппаратуры к электросхеме пульта управления станком; проверку и окончательную тарировку измерительной и регистрирующей аппаратуры.

На втором этапе проведения испытаний предусматривается выполнение следующих работ:

- монтаж вращателя и гидроблока на станке СБШ-250МНА-32;
- присоединение гидроблока и гидромотора IMP2,5 к гидросистеме станка.

На каждом этапе на станке устанавливаются модернизированные цилиндры подачи и подключают к поршневым полостям цилиндров аккумуляторы ГЦ-1.

На каждом этапе на одном из выбранных режимов производится в соответствии с общепринятой методикой регистрация параметров вибрации.

Порядок выполнения экспериментов:

замеры и запись параметров в процессе бурения одной скважины производятся:

- при забурировании;
- при бурении на второй штанге;
- в конце бурения на полную длину става;

в процессе записи одной реализации VIBXPERT II (осциллографом) осуществляется запись в дневник наблюдений контрольных показаний стрелочных приборов в кабине машиниста и на гидроблоке, а также сменной производительности бурового станка [3, 15].

### ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Запись показаний датчиков на VIBXPERT II производилась во время бурения на глубинах 5-7 м, 9-11 м, 14-17 м, 19-24 м как со штатным, так и с модернизированным вращательно-подающим механизмом. За время испытаний был записан 21 режим: 9 со штатным и 12 с модернизированным вращательно-подающим механизмом.

Анализ показаний VIBXPERT II, фрагменты которых приведены на рис. 2, установил, что введение в трансмиссию вращателя гидромашины, работающей в тормозном режиме, в магистрали высокого давления которой установлен гидропневмоаккумулятор, с зарядным давлением, рассчитанным в соответствии с нагрузкой двигателя вращателя, позволяет значительно снизить уровень динамических нагрузок в приводе, передаваемых металлоконструкции станка.

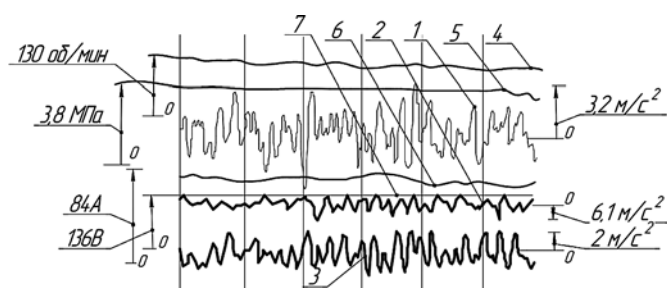
Особенно ощутимым является снижение виброускорений в горизонтальной плоскости вдоль поперечной оси рамы станка (кривая 1).

Так, если до установки гидромашины максимальные значения виброускорений  $A_x$  составляют 3-3,5 м/с<sup>2</sup>, то после установки они снижаются до 2,1-2,4 м/с<sup>2</sup>, причем большее снижение значений приходится на низкие частоты, что объясняется рассогласованием собственной и возмущающей частот в этой зоне (2,2; 6,4 Гц). Аналогично отмечено снижение максимальных значений виброускорений  $A_y$  в горизонтальной плоскости вдоль продольной оси рамы станка с 1,8-2,2 до 1,35-1,6 м/с<sup>2</sup>, в вертикальной плоскости виброускорения  $A_z$  снизились с 3,9-7,8 до 3,6-5,7 м/с<sup>2</sup>. Все указанные значения получены при одинаковых крутящих моментах ( $I_{ав} = 70-80$  А), частотах вращения ( $n = 120-140$  об./мин) и усилиях подачи ( $P_{ос} = 14-18$  кН).

При бурении без гидромашины ярко выражены колебания с частотами 2,18-2,21 Гц; 6,4-6,6 Гц; 13,1 Гц; 77-80 Гц, причем первые две из данных частот присутствуют как в записи виброускорений, так и в записи тока якоря двигателя.

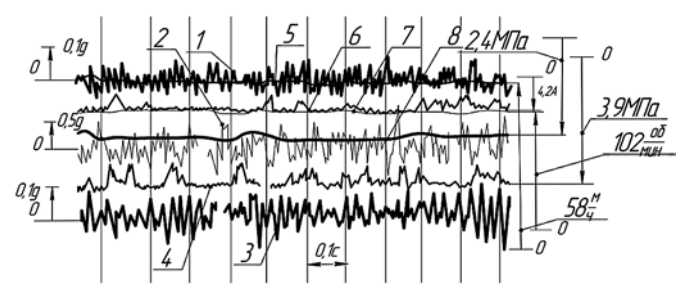
Установлено, что основным источником возникновения колебаний являются взаимодействие шарошечного долота с забоем, а также отклонения от геометрии буровых штанг:

- частота 2,18-2,21 Гц соответствует оборотам бурового става;



Работы бурового станка до подключения электрогидромеханического вращателя:

- 1 – ускорение в горизонтальной плоскости (поперек рамы);
- 2 – ускорение в вертикальной плоскости;
- 3 – ускорение в горизонтальной плоскости (вдоль рамы);
- 4 – частота вращения става; 5 – давление в магистрали высокого давления гидромашины; 6 – ток двигателя;
- 7 – напряжение двигателя



Работа бурового станка после установки электрогидромеханического вращателя:

- 1 – ускорение в горизонтальной плоскости (вдоль рамы);
- 2 – ускорение в вертикальной плоскости; 3 – ускорение в горизонтальной плоскости (поперек рамы); 4 – давление в поршневой полости гидроцилиндров подачи; 5 – скорость бурения; 6 – ток двигателя; 7 – частота вращения става; 8 – давление в подпиточной магистрали гидромашины

Рис. 2. Фрагменты показаний универсального анализатора вибраций VIBXPERT II

Fig. 2. Fragments of readings of the VIBXPERT II universal vibration analyzer

- частота 6,4-6,6 Гц соответствует взаимодействию шарошки с трехволновой поверхностью забоя;
- частота 13,1 Гц, кратная частоте взаимодействия с трехволновой поверхностью забоя.

Частоты порядка 77-80 Гц, вызванные взаимодействием зубцов шарошки с забоем, оказывают незначительное влияние на формирование колебаний металлоконструкций станка, их вклад в дисперсию процесса не превышает 15-20%.

В ходе испытаний были опробованы режимы интенсификации процесса бурения, во время которых производилось увеличение частоты вращения, нагрузки на двигатель и усилия подачи модернизированного электромеханического вращательно-подающего механизма до достижения значений виброускорений, полученных при испытаниях без гидромашины. При этом отмечено увеличение частоты вращения бурового става на 13-15% (до 150-160 об./мин) и увеличение усилия подачи на 11-18% (до 17-20 кН), что приводит к увеличению скорости бурения на 12-15%.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований сделаны следующие заключения:

- разработана модернизированная конструкция вращательно-падающего механизма бурового станка шарошечного бурения, позволяющая снизить динамические нагрузки в рабочем оборудовании и металлоконструкции бурового станка, уменьшить амплитуды колебаний на 20%, а также улучшить использование установочной мощности и, следовательно, при бурении увеличить производительность на 18% и надежность на 12-16%;
- проведенные комплексные испытания электрогидромеханического вращательно-подающего механизма подтвердили работоспособность предложенной конструкции, обеспечивающей эффективное снижение вибраций, повышение надежности и возможность интенсификации режимов бурения, а следовательно, и увеличение производительности станка при бурении твердых пород.

### Список литературы

1. Анализ рынка буровых станков для открытых горных работ горнодобывающих предприятий России / К.Ю. Анистратов, Т.В. Донченко, П.И. Опанасенко и др. // Горная промышленность. 2018. № 2. С. 84-89.
2. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining: A case-study / D.A. Kuziev, V.V. Zotov, E.S. Sazankovaa et al. // Eurasian Mining, 2022. No 37. P. 76-80. DOI: 10.17580/em.2022.01.16.
3. Муминов Р.О., Райханова Г.Е., Кузиев Д.А. Повышение надежности и долговечности буровых станков за счет понижения динамических нагрузок // Уголь. 2021. № 5. С. 32-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2021- 5-32-36.
4. Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index / S. Kahraman, C. Balci, S. Yazici et al. // Int J Rock Mech Min. 2000. No 37. P. 729-743.
5. Kahraman S. Performance analysis of drilling machines using rock modulus ratio // J S Afr I Min Metall. 2003. No 103. P. 515-522.
6. Keropyan A.M., Kuziev D.A., Krivenko A.E. Process Research of Wheel-Rail Mining Machines. Traction Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020. P. 703-709. DOI:10.1007/978-3-030-22063-1-75.
7. Sensing of dynamic loads in the open-cast mine combine / D. Kouziyev, A. Krivenko, D. Chezganova et al. // E3S Web of Conferences. 2019. 105(2):03014. DOI:10.1051/e3sconf/201910503014.
8. Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index / S. Kahraman, C. Balci, S. Yazici et al. // Int J Rock Mech Min 37 (2000), pp. 729-743.
9. Кантович Л.И., Подэрни Р.Ю., Муминов Р.О. Влияние параметров вращательно-подающего механизма бурового станка на его производительность // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 11. С. 396-399.
10. Малиновский Ю.А., Учитель А.Д., Лялюк В.П. Причины возникновения вибрации става при работе станков шарошечного бурения // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 9. С. 897-904.
11. Шигин А.О. Адаптивный вращательно-подающий механизм бурового станка для снижения непрогнозируемых нагрузок при бурении сложноструктурных пород // Горный журнал. 2013. № 7. С. 79-83.
12. Юнгмейстер Д.А., Крупенский И., Лавренко С.А. Анализ вариантов модернизации станков шарошечного бурения с погружным пневмоударником // Записки горного института. 2018. Т. 231. С. 321. DOI: 10.25515/pmi.2018.3.321.
13. Rahimdel M.J., Ataei M., Ghodrati B. Modeling and Simulation Approaches for Reliability Analysis of Drilling Machines // Journal of The Institution of Engineers (India): Series C. 2020. No 101. P. 125-133.
14. Алгоритм определения максимальной мощности привода подачи карьерного бурового станка / Д.А. Кузиев, И.Ю. Пятова, И.Н. Клементьева и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 1. С. 128-133. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-128-133.
15. Герике П.Б. Некоторые результаты диагностирования оборудования буровых станков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 4. С. 74-79.

Original Paper

UDC 622.24.05 © R.O. Muminov, A.N. Ruzibaev, N.N. Juraev, J.R. Ravshanov, D.A. Kuziev, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 94-99  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-94-99>

**Title****DEVELOPMENT OF MEASURES TO ENHANCE THE ROTATION AND FEED MECHANISM OF A DRILL RIG****Authors**

Muminov R.O.<sup>1</sup>, Ruzibaev A.N.<sup>1</sup>, Juraev N.N.<sup>1</sup>, Ravshanov J.R.<sup>1</sup>, Kuziev D.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Navoi State University of Mining and Technology, Navoi, 210100, Uzbekistan

<sup>2</sup> National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

**Authors Information**

**Muminov R.O.**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, e-mail: rashid\_81@mail.ru

**Ruzibaev A.N.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, e-mail: ruzibaev\_alisher@mail.ru

**Juraev N.N.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, e-mail: Nodirjura@mail.ru

**Ravshanov J.R.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, e-mail: ravshanov.zhamshib@mail.ru

**Kuziev D.A.**, PhD (Engineering), Associate Professor of Mining Equipment, Transport and Mechanical Engineering Department of Mining Institute, e-mail: da.kuziev@misis.ru

**Abstract**

This paper justifies and describes the design and operating principle of an electro-hydraulic rotation unit, presents the results of experimental studies of the prototype, methodology and research program, preparation of the equipment, the purpose of the research, as well as processing and analysis of the experimental results of the SBSH-250MNA-32 type drill rig.

**Keywords**

Hydropneumatic accumulator, Durability, Electro-hydraulic rotation unit of the drill rig, Vibration, Efficiency, Operating capacity, Vibration measuring instruments.

**References**

- Anistratov K.Yu., Donchenko T.V., Opanasenko P.I. & Strict I.B. Analysis of the market of drilling rigs for open pit mining of mining enterprises in Russia. *Gornaya promyshlennost*, 2018, (2), pp. 84-89. (In Russ.).
- Kuziev D.A., Zotov V.V., Sazankovaa E.S. & Muminov R.O. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining: A case-study. *Eurasian Mining*, 2022, (37), pp. 76-80. DOI: 10.17580/em.2022.01.16.
- Muminov R.O., Rayhanova G.E. & Kuziev D.A. Experimental research and analysis of a quarry drilling rig. *Ugol'*, 2021, (5), pp. 32-36. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-32-36.
- Kahraman S., Balci C., Yazici S. & Bilgin N. Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index. *Int J Rock Mech Min*, 2000, (37), pp. 729-743.
- Kahraman S. Performance analysis of drilling machines using rock modulus ratio. *J S Afr I Min Metall*, 2003, (103), pp. 515-522.
- Keropyan A.M., Kuziev D.A. & Krivenko A.E. Process Research of Wheel-Rail Mining Machines. Traction Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, pp. 703-709. DOI: 10.1007/978-3-030-22063-1-75.

7. Kouziyev D., Krivenko A., Chezganova D. & Blumensteiun V. Sensing of dynamic loads in the open-cast mine combine. *E3S Web of Conferenc-es*, 2019:105(2):03014. DOI: 10.1051/e3sconf/201910503014.

8. Kahraman S., Balci C., Yazici S. & Bilgin N. Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index. *Int J Rock Mech Min.*, 2000, (37), pp. 729-743.

9. Kantovich L.I., Poderni R.Yu. & Muminov R.O. Influence of the parameters of the rotational-feeding mechanism of the drilling rig on its performance. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2010, (11), pp. 396-399. (In Russ.).

10. Malinovsky Yu.A., Teacher A.D. & Lyaluk V.P. The reasons for the vibration of the stave during the operation of cone drilling machines. *Ferrous metallurgy. Bulletin nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii*, 2020, Vol. 76, (9), pp. 897-904. (In Russ.).

11. Shigin A.O. Adaptive rotary-feed mechanism of a drilling rig to reduce unpredictable loads when drilling complex structures. *Gornyj zhurnal*, 2013, (7), pp. 79-83. (In Russ.).

12. Jungmeister D.A., Krupensky I. & Lavrenko S.A. Analysis of options for the modernization of roller drilling machines with a down-the-hole pneumatic hammer. *Zapiski gornogo instituta*, 2018, (231), pp. 321. (In Russ.). DOI: 10.25515/pmi.2018.3.321.

13. Rahimdel M.J., & Ghodrati B. Modeling and Simulation Approaches for Reliability Analysis of Drilling Machines. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 2020, (101), pp. 125-133.

14. Kuziev D.A., Pyatova I.Yu., Klementieva I.N. & Pikhtorinsky D. Algorithm for determining the maximum power of the feed drive of a mining drilling rig. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2019, (1), pp. 128-133. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-128-133.

15. Gerike P.B. Some results of diagnostics of equipment of drilling rigs. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti ugolnoj promyshlennosti*, 2018, (4), pp. 74-79. (In Russ.).

**For citation**

Muminov R.O., Ruzibaev A.N., Juraev N.N., Ravshanov J.R. & Kuziev D.A. Development of measures to enhance the rotation and feed mechanism of a drill rig. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 94-99. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-94-99.

**Paper info**

Received September 16, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted December 7, 2023

# Методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных скважинах\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-100-108>

## ГАЛИМЬЯНОВ Ал.А.

Канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель сектора разрушения горных пород Института горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: azot-1977@mail.ru

## ЧЕРСКИХ О.И.

Канд. техн. наук, директор ООО «Солнцевский угольный разрез», 694910, г. Шахтерск, Россия, e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

## РАССКАЗОВА А.В.

Канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатории обогащения полезных ископаемых Института горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: annbot87@mail.ru

## БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ Д.А.

Начальник Межрегионального отдела государственного горного надзора и надзора в угольной промышленности Дальневосточного управления Ростехнадзора, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: d.belotserkovskiy@dvost.gosnadzor.ru

## ГАЛИМЬЯНОВ Анд.А.

Ведущий инженер сектора разрушения горных пород Института горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, Россия, e-mail: stanxii1@mail.ru

Проблема увеличения, взрываемого за один прием горного массива, является актуальной со времен начала ведения буровзрывных работ. При переходе от индивидуальных к смешевым взрывчатым веществам, с увеличением потребления промышленных взрывчатых веществ и, в связи с этим, с необходимостью механизации взрывных работ обострились проблемы с качеством взорванной горной массы. Особенно при механизированном зарядании обводненных скважин наливным эмульсионным взрывчатым веществом. Это в первую очередь обусловлено человеческим фактором, так как, во-первых, эмульсионное взрывчатое вещество является многокомпонентным, во-вторых, в рамках механизации данное взрывчатое вещество необходимо изготавливать на местах ведения работ и, в-третьих, вопрос с острым дефицитом квалифицированных кадров. Для решения указанной проблемы в статье приводится методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных скважинах, где обосновывается актуальность измерений скорости детонации скважинных зарядов и включения данной процедуры в рамках проведения испытаний в обязательные требования технических условий на применение взрывчатых веществ.

**Ключевые слова:** объем взрывного блока, эмульсионные взрывчатые вещества, устойчивая детонация заряда ВВ, глубина скважин, массовый взрыв, параметры БВР, проектирование, планирование.

**Для цитирования:** Методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных скважинах / Ал.А. Галимьянов, О.И. Черских, А.В. Рассказова и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 100-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-100-108.

\* Исследования проводились с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием «Центр обработки и хранения научных данных Дальневосточного отделения Российской академии наук», финансируемого Российской Федерацией в лице Министерства науки и высшего образования РФ по проекту № 075-15-2021-663.

**ВВЕДЕНИЕ**

Одним из актуальных стратегических направлений повышения уровня безопасности и производительности труда при подготовке горной массы к выемке буровзрывным способом является увеличение объема массива, взрываемого за один прием [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В качестве основного фактора увеличения геометрических параметров взрыва фигурируют правильный выбор и применение взрывчатых веществ при обеспечении их высокого качества в современных условиях производства буровзрывных работ (БВР).

В XX веке основной объем потребления промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) в мире приходился на гомотенные ПВВ, в том числе на индивидуальные и простейшие (АС-ДТ, для сухих скважин) взрывчатые вещества (ВВ), главным преимуществом которых является стабильная детонация по колонке заряда, а основным недостатком – высокая стоимость и риски, связанные с безопасностью обращения индивидуальных ПВВ, а относительно ПВВ типа «Игданит, AN-FO» – проблемы водоустойчивости.

В течение последних 70 лет произошел переход в разработке ПВВ от нитровзрывных веществ к водосодержащим, состоящим главным образом из аммиачной селитры [7]. Возникновение и быстрая разработка эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ), особенно за последние 50 лет, вызвали широкий интерес и привлекли внимание инженеров, занимающихся ПВВ и взрывными работами в России и за ее пределами. Согласно современным воззрениям ЭВВ представляет собой сенсibilизированную высококонцентрированную обратную эмульсию (эмульсию типа «вода в масле»), где окислительная фаза явля-

ется дисперсной фазой, а топливная фаза – дисперсной средой [8, 9]. Динамика потребления ПВВ в России [10, 11], представленная на рис. 1, показывает феноменальный относительный (с 5 до 58% от общего объема) и абсолютный 3833% рост потребления ЭВВ за последние четверть века.

Разработка ЭВВ, тесно связанная с проблемами межфазных границ и коллоидной химией, а также с теорией и практикой проведения взрывных работ и разработкой ВВ, представляет собой интересное и очень перспективное для дальнейших исследований научное направление. Это объясняется высокими потребительскими свойствами ЭВВ, обусловленными их водоустойчивостью, относительной безопасностью, экономичностью, экологичностью и способностью разрушать даже крепкие горные породы. Однако ЭВВ являются сложными многокомпонентными веществами, что предъявляет высокие требования к научному обеспечению технологий их приготовления и применения [12]. Поэтому исследования в этом направлении остаются очень актуальными в настоящее время. К примеру, в практике БВР многими исследователями отмечено возникновение неожиданных обрывов (или переходов на низкоскоростные режимы) детонации в начале (рис. 2) и в процессе (рис. 3) ее распространения по скважинному заряду ЭВВ, сенсibilизированному газовыми порами.

Внедрение ЭВВ, помимо перечисленных преимуществ, актуальных на долгие годы вперед, позволило значительно повысить уровень механизации взрывных работ (ВР). Однако технологический прогресс во взрывном деле, как и любом другом, требует более высокой подготовки инженерных и рабочих кадров, в частности понимания ими сути изготовления и применения ЭВВ. Это связано в первую очередь с изготовлением ЭВВ непосредственно на местах работ и многокомпонентностью состава водоустойчивого ПВВ. Указанные сложности процесса изготовления наливных ЭВВ на местах работ могут приводить к нарушениям технологии производства ЭВВ и в следствии этого к низкому качеству взорванной горной массы (ВГМ). Поэтому в целях минимизации уровня риска снижения качества ВГМ при увеличении объема взрываемого блока целесообразны разработка и дальнейшие уточнения методики предупреждения снижения качества заряда ЭВВ в обводненных скважинах, связанного с человеческим фактором.

В настоящей работе не рассматриваются исследования качества зарядов ЭВВ с газодерживающими твердыми материалами (стеклянные или полимерные полые микросферы) вследствие их относительной дороговизны и, соответственно, меньшим процентом применения в РФ.

**МЕТОДИКА**

Затухающие взрывные процессы в скважинных зарядах ЭВВ зафиксированы сотрудниками ИПХФ РАН К.К. Шведовым и В.В. Лавровым,

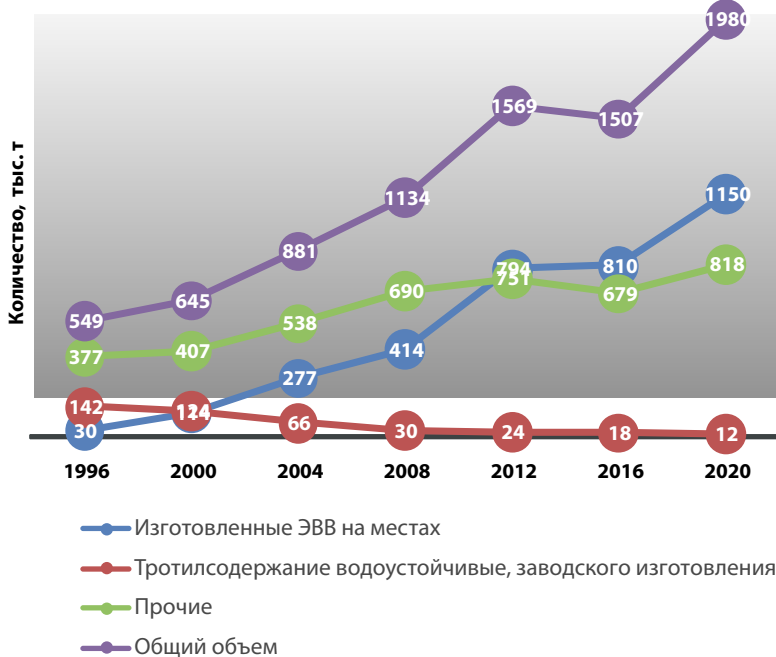


Рис. 1. Динамика потребления ПВВ (изготовленные ЭВВ на местах, тротилсодержащие водоустойчивые заводского изготовления) в России в период 1996–2020 гг. (Ростехнадзор РФ)

Fig. 1. Dynamics of industrial explosives consumption (locally manufactured emulsion explosives, factory-made TNT-containing water-resistant) in the Russian Federation in 1996–2020 (Rostekhnadzor of the Russian Federation)

а также исследователями под руководством Е.И. Журченко [12]. С.А. Гориновым данному вопросу посвящено много трудов, в которых представлены закономерности возникновения и распространения детонации в ЭВВ с учетом рецептурно-технологических, энергетических и микроструктурных характеристик ЭВВ и параметров возбуждающего импульса.

Группой исследователей ИГД ДВО РАН под руководством А.А. Галимьянова, опираясь на труды ученых и инженеров, проведены в 2022-2023 гг. уточняющие исследования процесса детонации скважинных зарядов (табл. 1) в целях разработки и совершенствования методики рационального применения ЭВВ на горнодобывающих предприятиях. Для натурных измерений применялся измеритель скорости детонации VoD-305 (Австралия), принцип работы которого основан на методе импульсной рефлектометрии с частотой дискретизации 256 кГц (рис. 4, а). В целях чистоты эксперимента использовался измеритель микросекундных интервалов времени ИВИ-4 (КТБ «Интервал», г. Новосибирск), принцип действия которого заключается в измерении интервалов времени между сигналами, инициируемыми подключенными датчиками, устанавливаемыми по длине колонки заряда на заданном расстоянии друг от друга, срабатывающими на замыкание поочередно посредством воздействия ударной волны (рис. 4, б).

Результаты измерений скорости детонации (D) ПВВ (см. табл. 1) в систематизированном виде представлены в табл. 2 с указанием относительно характера воздействия ПВВ на горный массив [13]. Следует принять во внимание, что измерения проведены в разных горно-геологических условиях с отличающимися параметрами БВР и частотой экспериментов. В целях повышения чистоты эксперимента необходимо в дальнейшем увеличить количество измерений в схожих условиях.

В данной работе не отражен обзор измерений D поверхностных зарядов ПВВ, так как все результаты замеров положительные – выше нижней границы скорости детонации ПВВ по нормативу согласно ТУ.

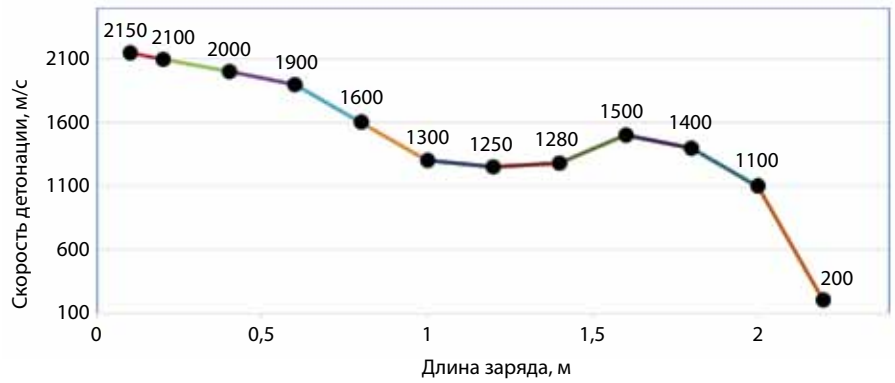


Рис. 2. График скорости детонации от точки инициирования скважинного заряда ЭВВ (измерительный прибор VoD-305)

Fig. 2. A dependance plot of detonation velocity on the point of initiation of a borehole emulsion explosive charge (VoD-305 measuring instrument)

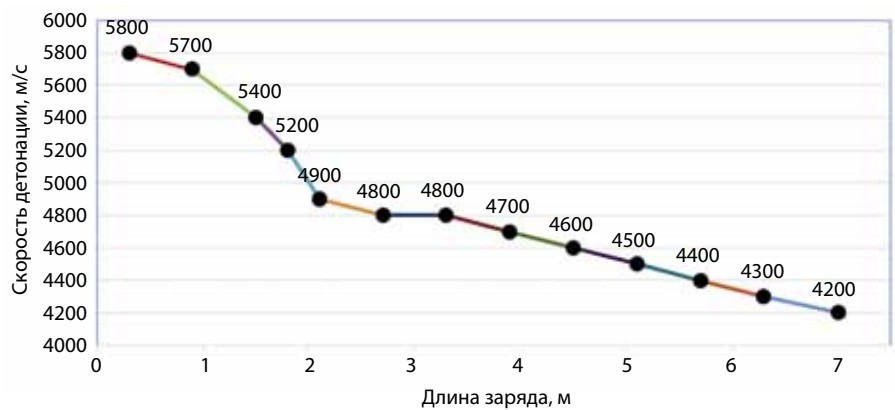


Рис. 3. График затухания скорости детонации скважинного заряда ЭВВ от точки инициирования (измерительный прибор VoD-305)

Fig. 3. A dependance plot of the detonation velocity decay of a borehole emulsion explosive charge from the point of initiation (VoD-305 measuring instrument)



Рис. 4. Измерительный прибор VoD-305 (Австралия) – а; измеритель микросекундных интервалов времени ИВИ-4 (КТБ «Интервал», г. Новосибирск) – б

Fig. 4. The VoD-305 measuring instrument (Australia) – а; the IVI-4 microsecond time interval meter (Design and Engineering Bureau “INTERVAL”, Novosibirsk) – б





В результате исследований подтверждены основные гипотезы, связанные с устойчивостью детонации скважинного заряда ПВВ:

- затухание и нестабильная детонация заряда наливных ЭВВ зафиксированы именно на сильнообводненных блоках преимущественно в горных массивах рудных зон;
- устойчивость детонации ЭВВ в обводненных скважинах снижается с увеличением времени пребывания заряда ЭВВ в обводненной скважине по мере увеличения времени заряжания скважин взрывного блока;
- патронированные ЭВВ в обводненных скважинах показывают устойчивую детонацию (значение скоростей детонации в пределах нормы и местами выше нормы) при массе боевика не менее указанной в технических условиях и диаметре заряда 150 мм и более;
- поверхностные заряды (АС-ДТ, наливных и патронированных ЭВВ) и заряды аналогичных ПВВ в сухих скважинах показывают относительно устойчивую детонацию (значение скоростей детонации в пределах нормы и местами выше нормы);
- обрыв детонации или ее переход на низкоскоростной режим при распространении детонации по ненарушенному заряду ЭВВ обусловлены ликвидацией нейтральной устойчивости детонационного фронта посредством уменьшения плотности и увеличения газовых пор вследствие

изменения гидродинамического давления по колонке заряда;

- при распространении детонации в направлении уменьшения газовых пор гидродинамические ограничения на устойчивость детонационной волны не возникают (определено опосредованно по факту проработки подошвы уступа, так как при прямом инициировании заряда измерить скорость детонации не представляется возможным);
- промежуточные детонаторы (ПД) из высокоплотных индивидуальных ВВ (смесей и сплавов индивидуальных ВВ), а также из конверсионных ВВ обладают высокой инициирующей способностью;
- характерные параметры ПД (длина, диаметр, масса) влияют на эффективность возбуждения детонации и зависят от рецептурного состава, плотности и структуры ЭВВ;
- на стабильность детонации заряда ЭВВ существенно влияют рецептурный состав, плотность эмульсии, плотность ЭВВ, радиус сенсibiliзирующих пор, размер частиц дисперсной фазы, диаметр заряда, степень обводненности скважины.

Ниже сформулированы основные причины эффекта нестабильной детонации заряда ЭВВ в обводненных скважинах, связанные с человеческим фактором.

1. Отсутствие нормативной базы, регламентирующей систематические измерения скорости детонации сква-

Таблица 1

Результаты измерений скорости детонации

Results of measuring detonation velocity

Место проведения измерений	Кол-во измерений	Скорость детонации ВВ по ТУ, м/с	Диаметр скв., мм	Глубина скв., м	Длина заряда, м	Плотность ВВ, кг/м³	Масса заряда, кг	Наименование ПД	Масса ПД, кг	Фактическая средняя скорость детонации заряда скважины №, м/с					
										№1	№2	№3	№4 /№5		
<b>Патронированные эмульсионные ВВ – Эмуласт АС-30ФП</b>															
Карьер «Краснореченский»	1	4400-4600	115	6,5	2,8	1,275	32	Аммонит бЖВ	1	2438	–	–	–		
	1								2	–	3084	–	–		
	1								3	–	–	3636	–		
Карьер «Таежное»	1			6,5	2,8		1,275		32	Аммонит бЖВ	1	2449	–	–	–
	1										2	–	3448	–	–
	1										3	–	–	4219	–
Некрасовский карьер	4		4400-4600	115	5,5	4	1,28	36	Аммонит бЖВ	0,4	2700	1694	1215	3078	
	1				0,8					–	3453	–	–		
	1				0,8					–	–	3289	–		
	1				1					–	–	–	3568		
	1				0,6					–	3873	–	–		
Маломырский рудник	1		4400-4600	215	12	7	1,28	384	Аммонит бЖВ	0,75	4918	–	–	–	
	1	11,5			7	0,75				–	–	4921	–		
	1	6			4	1				5097	–	–	–		
	1	6			4	0,75				–	4685	–	–		
	1	6			4	1				–	–	4877	–		
<b>Эмульсионное ВВ – НПГМ-70</b>															
Солнцевский угольный разрез (Восточная Горнорудная Компания)	1	5000	150	11	4,09	1,086	90	ТГЭ-500-КД	0,5	3509	–	–	–		
	2			15	9,09				0,5	–	3167	3903	–		
	3		175	10	4,6				0,83	4288	4134	3364	–		
<b>Простейшее ВВ – Гранулит У</b>															
Солнцевский угольный разрез (Восточная Горнорудная Компания)	2	3000-4500	150	11	5,63	0,9	90	Аммонит бЖВ	0,4	–	3331	3455	–		
	<b>Эмульсионное ВВ – НПГМ-75</b>														
Солнцевский угольный разрез (Восточная Горнорудная Компания)	1	5100	175	11,5	7	1,1	167	ТГЭ-П 830КД	0,83	–	–	3891	–		

Место проведения измерений	Кол-во измерений	Скорость детонации ВВ по ТУ, м/с	Диаметр скв., мм	Глубина скв., м	Длина заряда, м	Плотность ВВ, кг/м³	Масса заряда, кг	Наименование ПД	Масса ПД, кг	Фактическая средняя скорость детонации заряда скважины №, м/с				
										№1	№2	№3	№4 /№5	
<b>Эмульсионное ВВ – Нитронит Э-70</b>														
Маломырский рудник (ГК «Петропавловск»)	1	4800-5000	215	6,5	3	1,165	150	ПТ П 750	0,75	4424	-	-	-	
	1			6				ПТ П 500	0,5	-	4429	-	-	
	1			13	10			550	НТ* П «С» 60-1	1	4158	-	-	-
	1			13	10			500	ТГЭ-П830КД	0,83	-	4470	-	-
	1			13,5	10,4			520	ПД-П70/750/-100	0,75	-	-	4803	-
	2			10	7,5			375	Сибирит ПД80/1,0	0,8	3688	3149	-	-
	1			11					Сибирит ПД60/0,5	0,6	-	-	2035	-
	1			7	3,5			175	Сибирит ПД80/1,0	0,8	3045	-	-	-
	1			7					Сибирит ПД60/0,5	0,6	-	1020	-	-
	1			6					ПТ-П 500	0,5	-	-	1712	-
	1			6,5		ВЭЛ 60/800ТГ100	0,8		-	-	-	1178		
	1			12	9	450	НТ*-П «С» 60-1 (2 шт.)	2	754	-	-	-		
	1			12			НТ*-П «С» 60-1	1	-	2616	-	-		
	1			12,5	8	400	ПТ-П 750	0,75	-	-	2849	-		
	1			12			НТ*-П «С» 60-1	-	-	4840	-	-		
	1			11			ПТ-П 750	0,75	-	-	4737	-		
	1			12			ПТ-П 500	0,05	4033	-	-	-		
	1			11			ПТ-П 750	0,75	-	-	4786	-		
	1			12			ПТ-П 750	0,75	-	-	4787	-		
	1			12			ПТ-П 750	0,75	4891	-	-	-		
1	12	НТ*-П «С» 60-1	1	-			4846	-	-					
1	6	4	200	ПТ-П 750	0,75	-	-	-	1329					
1	6			НТ*-П «С» 60-1	1	-	-	-	/3733					
<b>Простейшее ВВ – Гранулит РП-1</b>														
	1	3000-3500	215	6	6	0,78	180	ПТ-П 750	0,75	3709	-	-	-	
	1			6				ПТ-П 500	0,5	-	3378	-	-	
	1			6				Сибирит ПД80/1,0	0,8	-	-	3587	-	
	1			6				НТ*-П «С» 60-1	1	-	-	-	3791	
	1			6,5				6,5	ВЭЛ 60/800ТГ100	0,8	-	-	-	/3376
<b>Водногелевое ВВ – Риофлекс 7000</b>														
АО «Горевский ГОК»	1	-	215	13,5	11,5	1,16	500	ПТ-П 500 (2 шт.)	1	2399	-	-	-	
	1			12,5	9,5		480	ПТ-П 500 (2 шт.)	1	-	1914	-	-	
	1			13	10		500	ПТ-П 500 (2 шт.)	1	-	-	1056	-	
	1			13	8		420	ПТ-П 500	0,5	2368	-	-	-	
	1			12	7		390	ПТ-П 500	0,5	-	-	4069	-	
Итого	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

\*Нитронит.

Таблица 2

**Систематизированные результаты измерений скорости детонации**

Systematized results of detonation velocity measurements

Наименование	Кол-во измерений	Диаметр заряда, мм	D по ТУ, по нижней границе диапазона, м/с	Средняя факт, D, м/с	Абсолютное среднее отклонение от нормы +/-, м/с	Относительное среднее отклонение от нормы, %	Относительный характер воздействия ВВ на массив
ЭВВ патронированное	14	115	4400	3010	-1390	-32%	Низкобризантное
	5	215	4400	4900	500	11%	Высокобризантное
ЭВВ наливное	3	150	4800	3526	-1274	-27%	Бризантное
	4	175	4800	3919	-881	-18%	Бризантное
	29	215	4800	3245	-1555	-32%	Низкобризантное
AN-FO	2	150	3000	3393	393	13%	Низкобризантное
AN-FO	5	215	3000	3568	568	19%	Бризантное



Рис. 5. Методика эффективности изготовления и применения наливных ЭВВ при взрывном разрушении обводненных массивов горных пород

Fig. 5. Methodology to enhance the efficiency of manufacturing and application of bulk emulsion explosives in blasting of watered rock masses

жинных зарядов в обводненных скважинах, и, как следствие, очевидный дефицит соответствующих испытаний на предмет качества ЭВВ из-за отсутствия обязывающего фактора.

2. Использование низкого качества основных компонентов ЭВВ – аммиачная селитра, эмульгатор и вода.

3. Несоблюдение условий хранения компонентов ЭВВ.

4. Нарушение регламента изготовления полуфабрикатов ЭВВ и их доставки до места заряжания в смесительно-зарядных машинах (СЗМ).

5. Нарушение регламента изготовления и заряжания ЭВВ при помощи СЗМ, в том числе нарушение технологии сенсibiliзации ЭВВ.

6. В целях повышения уровня безопасности и качества подготовки горной массы к выемке буровзрывным способом разработана методика эффективности применения ЭВВ, сенсibiliзированных газовыми порами, при дроблении обводненных массивов горных пород (рис. 5).

В целях снижения уровня негативного влияния гидродинамического давления на заряд ЭВВ в нижней части

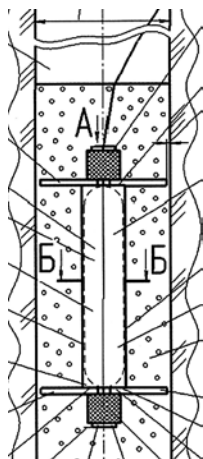


Рис. 6. Специальное устройство для защиты эмульсионного боевика и снижения гидростатического давления скважинного заряда ЭВВ

Fig. 6. A dedicated device for protecting the emulsive live primer and reducing the hydrostatic pressure of the borehole explosive charge

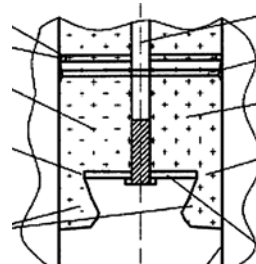
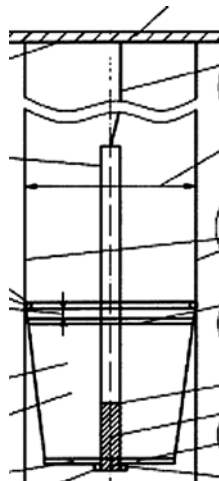


Рис. 7. Устройство для рассредоточения скважинного заряда: А – без нагрузки; Б – под нагрузкой ПВВ

Fig. 7. Device for distribution of the borehole charge: А – without load; Б – under the load of industrial explosive

глубоких скважин и обеспечения стабильной скорости детонации по колонке заряда и оптимального расположения эмульсионного боевика ИГД ДВО РАН разработано специальное подвесное устройство [14] (рис. 6), гарантирующее безопасность и эффективность боевика из ЭВВ посредством пластикового корпуса и обеспечивающее снижение гидростатического давления нижней части скважинного заряда ЭВВ за счет эффекта разделения заряда параллельными дисками, встроенными в конструкцию корпуса на подвеске, зафиксированной одним концом к перекладине на устье скважины. Для формирования скважинного заряда ПВВ в обводненных и сухих скважинах, рассредоточенного инертными промежулками разработано устройство для дифференцирования скважинного заряда [15] (рис. 7), также позволяющее снизить гидравлическое давление при формировании скважинного заряда ЭВВ.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Представленная методика требует дальнейших более детальных доработок в процессе исследовательской и производственной деятельности. Целесообразно расширить область исследований в данном направлении, в том числе в следующих аспектах:

- эффекта прямого инициирования зарядов ЭВВ;
- влияния состава и напора подземных вод на качество скважинного заряда ЭВВ;
- влияния межскважинного и внутрискважинного интервала замедления на устойчивость детонации (подбой) смежных последовательно взрывааемых скважинных зарядов ЭВВ.

К примеру, в работе [16] японские ученые провели интересное исследование влияния уровня динамического давления и интервала замедления на заряд ЭВВ в подводных условиях, в котором обосновали, что интервал замедления между донорным (первый взрывааемый заряд ВВ) и акцепторным (последующий взрывааемый заряд ЭВВ) зарядами, а также тип сенсibiliзирующих микрошариков (стеклянный, полимерный) и газовых микропузырьков существенно негативно влияют на детонаци-

онную способность предварительно сжатого взрывной волной заряда ЭВВ. При этом было зафиксировано, что скорость детонации акцепторного заряда, сенсibiliзированного химическим способом, восстанавливается до номинальных значений через 80 мс.

Исследованиями причин отказов [17, 18] установлено, что свыше 60-70% от общего количества отказов скважинных зарядов связаны с подбоем скважин (скважинной сети детонирующего шнура), вызванным локальными (местными) смещениями массива и прорывами газов по естественным трещинам, возникающим при взрыве смежных зарядов предыдущей ступени замедления, где время подбоя скважин зависит как от особенностей геологии и структуры взрывного блока, так и от параметров взрывания, в т.ч. интервала замедления.

В работе [19] на основании экспериментов сделан вывод о том, что взаимодействие зарядов ВВ смежных шпуров (скважин) при короткозамедленном взрывании не зависит от интервала замедления, поскольку время прохождения волны напряжения между шпурами (скважинами) значительно меньше времени замедления применяемых средств инициирования. В связи с этим на практике, в целях уменьшения риска возникновения отказов или «выгораний», фактическое расстояние между шпурами (скважинами) рекомендуется увеличивать на 10-15% от нормы, предусмотренной действующими нормативными документами [20].

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников информации подтверждает малую изученность факторов, влияющих на стабильность детонации скважинного заряда ЭВВ, поэтому приведенные в настоящей работе исследования актуальны и являются предметом дальнейшего изучения в части проведения экспериментов в условиях обводненного горного массива.

### ВЫВОДЫ

Увеличение объема массива, взрывааемого за один прием, актуально с точки зрения повышения уровня промышленной и экологической безопасности и в целом производительности горного предприятия. Однако по

мере увеличения соответствующего объема возникает ряд задач, одна из которых наиболее существенная – это обеспечение качества заряда наливных ЭВВ в обводненных скважинах, при изготовлении ПВВ на местах ведения ВР. Как показывает опыт большинства горнодобывающих предприятий, при испытаниях заряд ЭВВ на поверхности и в сухих скважинах в основном работает безотказно в нормативном диапазоне скоростей детонации, тогда как в обводненных скважинах, особенно с проточной водой в сильно фильтрационном массиве, возникают проблемы с качеством ВГМ из-за частых обрывов и затухания скорости детонации заряда ЭВВ. Борьба с отказами, дополнительным или вторичным производством БВР значительно повышает уровень риска негативных событий, связанных с безопасностью и производительностью основных процессов горного предприятия.

Оценка качества взрыва, опосредствованная через факт качества ВГМ, проработку уступа, наличие отказов, – небезопасное и очень затратное мероприятие. Поэтому в качестве дополнительных профилактических мер целесообразно внесение в ТУ на применение ПВВ и правила безопасности [20] пункта, обязывающего проводить испытания скважинных зарядов ПВВ методом измерения скорости детонации с периодичностью в зависимости от специфики организации БВР на предприятии.

Основная причина снижения качества заряда ЭВВ заключается преимущественно в человеческом факторе на стадиях закупки материалов, изготовления полуфабрикатов, изготовления и заряжания ЭВВ на взрывном блоке. А косвенная техническая проблема заключается в многокомпонентности ЭВВ и его непосредственном приготовлении на местах ведения работ, в отличие от применения тротилсодержащих ВВ, где основная сложность — это ручной и вредный труд взрывперсонала. Поэтому в условиях нарастания объема потребления эмульсионных ВВ для обеспечения стабильной скорости детонации заряда ЭВВ рекомендуется придерживаться приведенной в данной работе методики, внося корректировки применительно к местным условиям.

### Список литературы

1. Черских О.И., Галимьянов А.А., Гевало К.В. Совершенствование буровзрывных работ на Солнцевском угольном разрезе // Уголь. 2022. № 7. С. 44-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-44-51.
2. Галимьянов А.А., Соболев А.А. Повышение эффективности процесса подготовки горной массы к выемке за счет применения новых параметров технологии буровзрывных работ // Известия ТулГУ. 2022. № 3. С. 107-121.
3. Галкин Владимир Алексеевич (к 75-летию со дня рождения) // Уголь. 2023. № 3. С. 37.
4. Кучумова А. Взрывные технологии // Добывающая промышленность. 2020. № 6. С. 94.
5. Галимьянов А.А., Шевкун Е.Б. Защита А.А. Гальмьянова: Обоснование параметров открытой технологии разработки сближенных пологих и наклонных угольных пластов // Уголь. 2017. № 1. С.16-18. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-01-16-18.
6. Шевкун Е.Б. Взрывание высоких уступов при реконструкции карьера // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. № 5. С. 61-63.
7. Ванг Ксюгуанга. Эмульсионные взрывчатые вещества. Пер. монографии проф. В. Ксюгуанга издания Metallurgical Industry Press, Beijing, 1994. В. Ксюгуанга. Москва – Красноармейск, 2022. 396 с.
8. Колганов Е.В., Соснин В.А. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. Книга 1 (Составы и свойства). Дзержинск Нижегородской области: Издательство ГосНИИ «Кристалл», 2009. 592 с.
9. Решетняк А.Ю. Детонация эмульсии на основе аммиачной селитры с ценосферами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.02.05 / Решетняк Александр Юрьевич. Новосибирск, 2007. 20 с.
10. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2021 г.
11. Соснин В.А., Межеричкий С.Э., Печенов Ю.Г. Состояние и перспективы развития промышленных взрывчатых веществ в России и за рубежом // Горная промышленность. 2017. № 5. С. 60-64.
12. Горинов С.А. Иницирование и детонация эмульсионных взрывчатых веществ. Йошкар-Ола: СТРИНГ, 2020. 214 с.
13. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. М.: Горная книга, 2007. 466 с.
14. Пат. 214622 Российская Федерация. Контейнер для защиты эмульсионного боевика / Галимьянов А.А. и др. Опубл. 08.11.2022. Бюл. № 31 по заявке № 2022112846.
15. Пат. 214666 Российская Федерация. Устройство для дифференцирования скважинного заряда / Галимьянов А.А. и др. Опубл. 09.11.2022. Бюл. № 31 по заявке № 2022112111.
16. Fumihiko Sumiya, Yoshikazu Hiroasaki, Yukio Kato. Detonation Velocity of Precompressed Emulsion Explosive. NOF Corporation Taketoyo Plant R&D Department /61-I Kita-komatsudani, Taketoyocho, Chita-gun, Aichi 470-2398, Japan.
17. Ермолаев А.И. Экспериментальный метод оценки времени подбоя скважинной сети детонирующего шнура // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. № 4. С. 74-76.
18. Анализ причин отказов скважинных зарядов на карьере Ковдорского ГОКа / Б.Н. Кутузов, В.Н. Захаров, Б.В. Славский и др. // Горный журнал. 1978. № 11. С. 52-55.
19. Кушнеров П.И., Буханов В.И. Безопасные расстояния между смежными зарядами ВВ при групповом взрывании // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2008. № 1. С. 15-23.
20. Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения. Приказ Ростехнадзора от 03.12.2020 № 494 (ред. от 25.05.2022).

UDC 622.016.25:622.235.2 © A.I.A. Galimyanov, O.I. Cherskikh, A.V. Rasskazova, D.A. Belotserkovsky, And.A. Galimyanov, 2024  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 100-108  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-100-108>

**Title**

**METHODOLOGY OF ASSURANCE OF CHARGE QUALITY FOR EMULSION EXPLOSIVE IN WATER WELLS**

**Authors**

Galimyanov A.I.A.<sup>1</sup>, Cherskikh O.I.<sup>2</sup>, Rasskazova A.V.<sup>1</sup>, Belotserkovsky D.A.<sup>3</sup>, Galimyanov And.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Separate Division of the KHFC of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk Federal Research Center, Khabarovsk, 680000, Russian Federation

<sup>2</sup> LLC "Solntsevsky coal mine", Shakhtersk, 694910, Russian Federation

<sup>3</sup> Far Eastern Department of Rostekhnadzor, Khabarovsk, 680000, Russian Federation

**Authors Information**

**Galimyanov A.I.A.**, PhD (Engineering), Leading Researcher, Head of the Rock Destruction Sector of the Institute of Mining, e-mail: azot-1977@mail.ru

**Cherskikh O.I.**, PhD (Engineering), Director, e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

**Rasskazova A.V.**, PhD (Engineering), Leading Researcher, Mineral Enrichment Laboratory of the Institute of Mining, e-mail: annbot87@mail.ru

**Belotserkovsky D.A.**, Head of the Interregional Department of State Mining Supervision and Supervision in the Coal Industry, e-mail: d.belotserkovskiy@dvost.gosnadzor.ru

**Galimyanov And.A.**, Leading Engineer of the Rock Destruction Sector, e-mail: stanxii1@mail.ru

**Abstract**

The problem of the increase of the volume of rock mass for single blast is relevant through all the history of drilling and blasting. Change from factory to in-situ produced explosives, increase in consume of industrial explosives and the necessity of mechanization of blasting operation, problems with the quality of the blasted rock mass have become more actual. These problems are especially actual with mechanized charging of flooded wells by emulsion explosive. These problems are primarily caused by human factor: firstly, the emulsion explosive is multicomponent; secondly, explosives are produced in situ; thirdly, a shortage of qualified personnel. To solve the problem, a methodology for determining the quality of the charge of a bulk emulsion explosive in watered wells is provided in the article. The necessity of measuring of the detonation velocity of borehole charges and addition of this measuring to technical conditions for drilling and blasting operations is substantiated in the article.

**Keywords**

Volume of the explosive block, Emulsion explosive substances, Stable detonation of the explosive charge, Well depth, Mass explosion, Drilling and blasting parameters, Design, Planning.

**References**

- Cherskikh O.I., Galimyanov A.A. & Gevalo K.V. Enhancing drilling and blasting operations at the Solntsevo coal strip mine. *Ugol'*, 2022, (7), pp. 44-51. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-44-51.
- Galimyanov A.A. & Sobolev A.A. Improving the efficiency of the process of preparing rock mass for excavation through the use of new parameters of drilling and blasting technology. *Izvestiya TulGu*, 2022, (3), pp. 107-121. (In Russ.).
- Galkin Vladimir Alekseevich (to a 75-anniversary from birthday). *Ugol'*, 2023, (3), pp. 37. (In Russ.).
- Kuchumova A. Explosive technologies. *Dobyvayushchaya promyshlennost'*, 2020, (6), pp. 94. (In Russ.).
- Galimyanov A.A. & Shevkun E.B. Galimyanov A.A. thesis viva voce: superimposed flat and pitching coal seams surface mining technologies justification. *Ugol'*, 2017, (1), pp. 16-18. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-01-16-18.
- Shevkun E.B. Explosion of high ledges during the reconstruction of a quarry. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2003, (5), pp. 61-63. (In Russ.).
- Wang Xyuguanga. Emulsion explosives. Per. monographs prof. V. Xuguanga of Metallurgical Industry Press, Beijing, 1994. V. Xuguanga. Moscow – Krasnoarmejsk, 2022, 396 p.

- Kolganov E.V. Emulsion industrial explosives. 1st book (Compositions and properties). E.V. Kolganov, V.A. Sosnin – Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, Publishing house of the State Research Institute "Kristall", 2009, 592 p.
- Reshetnyak A.Yu. Detonation of an emulsion based on ammonium nitrate with cenospheres: author. dis. ...cand. tech. Sciences: 01.02.05. Reshetnyak Alexander Yurievich. Novosibirsk, 2007, 20 p.
- Annual report on the activities of the federal service for environmental, technological and nuclear supervision in 2021.
- Sosnin V.A., Mezheritsky S.E. & Pechenov Yu.G. Status and prospects for the development of industrial explosives in Russia and abroad. *Gornaya promyshlennost'*, 2017, (5), pp. 60-64. (In Russ.).
- Gorinov S.A. Initiation and detonation of emulsion explosives. Yashkar-Ola, STRING Publ., 2020, 214 p. (In Russ.).
- Kutuzov B.N. Blasting methods. Part 1. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2007, 466 p. (In Russ.).
- Patent 214622 Russian Federation. Container for protection of the emulsion fighter. Galimyanov A.A. et al. Publ. 08.11.2022. Bull. № 31 on application No. 2022112846.
- Patent 214666 Russian Federation. A device for differentiating a borehole charge. Galimyanov A.A. et al. Publ. 09.11.2022. Bull. No 31 on application No 2022112111.
- Fumihiko Sumiya, Yoshikazu Hirosaki & Yukio Kato. Detonation Velocity of Precompressed Emulsion Explosive. NOF Corporation Taketoyo Plant R&D Department /61-I Kita-komatsudani, Taketoyo-cho, Chita-gun, Aichi 470-2398, Japan.
- Ermolaev A.I. Experimental method for estimating the time of undercutting of the detonating cord well network. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2003, (4), pp. 74-76. (In Russ.).
- Kutuzov B.N., Zakharov V.N., Slavsky B.V., Ershov N.P. & Pankov D.V. Analysis of the causes of failures of borehole charges at the quarry of the Kovdor Mining and Processing Plant. *Gornyy zhurnal*, 1978, (11), pp. 52-55.
- Kushnerov P.I., Bukhanov V.I. Safe distances between adjacent explosive charges during group explosion. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoj promyshlennosti*, 2008, (1), pp. 15-23.
- Safety rules for the production, storage and use of industrial explosive materials. Order of Rostekhnadzor dated December 3, 2020 №. 494 (as amended on May 25, 2022).

**Acknowledgements**

The studies were carried out using the resources of the Center for Shared Use of Scientific Equipment "Center for Processing and Storage of Scientific Data of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences", funded by the Russian Federation represented by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under project No 075-15-2021-663.

**For citation**

Galimyanov A.I.A., Cherskikh O.I., Rasskazova A.V., Belotserkovsky D.A. & Galimyanov And.A. Methodology of assurance of charge quality for emulsion explosive in water wells. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 100-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-100-108.

**Paper info**

Received August 9, 2023  
 Reviewed November 10, 2023  
 Accepted December 7, 2023

УДК 622.271(73):550.814 © И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Е.В. Логинова, Ю.П. Юронен, В.Н. Вокин, Е.В. Кирюшина, Ю.А. Маглинец, К.В. Раевич, А.А. Латынцев, 2024

# Добыча угля открытым способом в провинциях Фри-Стейт и Мпумаланга на территории Южно-Африканской Республики по данным спутниковой съемки\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-109-112>

Определена география размещения карьеров по добыче угля и тепловых электростанций, работающих на основе сжигания угля, в провинциях Фри-Стейт и Мпумаланга на территории Южно-Африканской Республики. Представлены результаты исследования современного состояния открытой разработки угольных месторождений с привлечением данных дистанционного зондирования Земли из космоса. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлен производственный потенциал работающих карьеров по добыче угля.

**Ключевые слова:** Южно-Африканская Республика, провинции Фри-Стейт и Мпумаланга, топливно-энергетической комплекс, угольные карьеры, объемы добычи и потребления угля, размещение производительных сил, дистанционное зондирование Земли из космоса.

**Для цитирования:** Добыча угля открытым способом в провинциях Фри-Стейт и Мпумаланга на территории Южно-Африканской Республики по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2024. № 1. С. 109-112. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-109-112.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия Южно-Африканская Республика уверенно входит в десятку стран – лидеров в мировом угледобывающем секторе. Анализ информации на спутниковых снимках за период с 1985 г. вывел увеличение в разы количества карьеров по добыче угля в основной угледобывающей провинции Мпумаланга. На наш взгляд, в условиях отсутствия адекватной информации о состоянии открытой угледобычи на африканском континенте необходимо провести детальное исследование этого вида деятельности. Такая информация необходима для прогнозирования мировой картины добычи угля в мировом недропользовании.

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

## 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 Куи 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

## ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия

## ВОКИН В.Н.

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

## КИРЮШИНА Е.В.

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

**МАГЛИНЕЦ Ю.А.**

Канд. техн. наук, профессор  
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

Для исследования выбран участок территории этого штата площадью 18500 км<sup>2</sup>, на котором производится масштабная разработка угольных месторождений открытым способом. Как известно, проводить исследования на больших по площади территориях можно эффективно с использованием ресурсов спутниковой съемки, о чем свидетельствуют решенные задачи в кратком обзоре научных публикаций [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОБЫЧИ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ  
В ПРОВИНЦИЯХ ФРИ-СТЕЙТ И МПУМАЛАНГА  
НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНО-АФРИКАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

На конец 2023 г. состояние открытой угледобычи в двух провинциях Фри-Стейт и Мпумаланга выглядело следующим образом. Общая протяженность фронта горных работ в 85 карьерах с различной производственной мощностью по горной массе в 2023 г. составляла, по данным спутниковой съемки, 74,3 км. На угленасыщенных участках месторождений работает 21 карьер, в каждом из которых фронт добычных работ имеет протяженность более 1,0 км. Кроме этого, на угленасыщенных участках месторождений работают 26 малых карьеров. Под «малым карьером» понимается карьер с протяженностью фронта горных работ по верхнему уступу в диапазоне от 0,5 до 1,0 км.

Также добыча угля открытым способом велась на 38 угленасыщенных участках. На таких участках дорабатывают остатки запасов угля, не вошедших по технологическим причинам в границы уже работающих карьеров. Карьер, работающий на небольших по объему запасах угля, получил в наших исследованиях название «добычной участок». Каждый такой участок представляет самостоятельный карьер, протяженность фронта добычных работ в котором не более 500 м и чаще всего находится в диапазоне 250–430 м.

Небольшими обособленными карьерами отрабатывают мультимодальные залежи угля. Эти карьеры имеют самостоятельные системы вскрывающих выработок внешнего и внутреннего заложения. Срок производства горных работ в этих карьерах чаще всего небольшой – от 3 до 5 лет. Отметим, что практически во всех карьерах вскрывные породы и угольные пласты перед выемкой рыхлят с использованием буровзрывного способа.

В последние пять лет в ситуации, когда в республиканской экономике требуется удержать годовой объем добычи угля не менее 300 млн т, в открытую разработку массово вовлекаются добычные участки с пластами мощностью до 10 м. Такие участки имеют весьма благоприятное горно-геологическое строение. Горизонтальные углы залегания угольных пластов и мощность вскрывных пород в диапазоне от 5 до 15 м в совокупности обуславливают высокую рентабельность добычи угля на этих участках.

В карьерах, фронт горных работ в которых более 1 км и суммарная мощность вскрывных пород и угля в диапазоне 60–80 м, на перевалке надугольной толщи в выработанное пространство используют драглайны. На отработке вскрывных уступов работают гидравлические экскаваторы типа «прямая лопата» с ковшом вместимостью до 22 куб. м или мехлопаты с ковшом вместимостью 30 куб. м. На добыче угля преимущественно работают гидравлические экскаваторы типа «прямая лопата» или «обратная лопата» с ковшом от 7 до 16 куб. м. Транспортировка горной массы производится в автосамосвалах грузоподъемностью от 90 до 240 т. Расстояние транспортировки вскрывных пород на внутренние отвалы не превышает 1,5–1,8 км, а угля на склады – 2,0–2,6 км.

В «малых карьерах» на горных работах, как правило, работают 2–3 буровых станка на бурении взрывных скважин. Выемка



вскрышных пород и угля выполняется пятью-шестью гидравлическими экскаваторами типа «обратная лопата» с ковшем вместимостью 4 куб. м. На вывозке горной массы из карьера работают от 16 до 22 автосамосвалов повышенной проходимости с шарнирно-сочлененной рамой грузоподъемностью 30-40 т. Реже горную массу транспортируют в карьерных автосамосвалах грузоподъемностью 40-65 т.

Типичный «малый карьер» с производственной мощностью по добыче угля 2 млн т в год показан на *рисунке*. Длина фронта горных работ по верхнему уступу составляет 1,0 км.

В момент получения снимка в кольце красного цвета производились добычные работы. В кольцах синего цвета выполнялись вскрышные работы. На *рисунке* стрелками зеленого цвета показаны направления подвигания фронта горных работ. Стрелками желтого цвета обозначены направления вскрышных грузопотоков на внешние породные отвалы, а стрелками красного цвета – направления добычных грузопотоков на угольный расходный склад.

На добычных участках на бурении взрывных скважин задействуют чаще всего один буровой станок, на экскавации горной массы работают 1-2 гидравлических экскаватора типа «обратная лопата» с ковшем 4 куб. м. Вывозку горной массы из карьера осуществляют в автосамосвалах повышенной проходимости с шарнирно-сочлененной рамой грузоподъемностью 30-40 т в количестве 6-8 единиц.

По данным спутниковой съемки, в 2022 г. в карьерах по добыче угля на территории двух исследуемых провинций горнотранспортное оборудование было скомплектовано следующим образом. На бурении взрывных скважин в толще вскрышных пород и в угольных пластах были задействованы 133 буровых станка (аналог – российский буровой станок СБШ-250); на вскрышных и добычных работах установлены 311 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с ковшем 4 куб. м и 66 гидравлических экскаваторов типа «прямая лопата» и «обратная лопата» с ковшем от 7 до 18 куб. м. Кроме того, на вскрышных работах задействованы 14 драглайнов с ковшем 40-120 куб. м и длиной стрелы от 70 до 100 м и три мехлопаты на гусеничном ходу с ковшем 40 куб. м. Отметим, что половина драглайнов в момент проводимого исследования горных работ в карьерах находилась на консервации.

Транспортировка вскрышных пород на породные отвалы, а угля на расходные поверхностные стационарные склады осуществлялась в 10 автосамосвалах общего назначения грузоподъемностью 30 т, в 319 карьерных автосамосвалах грузоподъемностью 50-120 т, в 12 карьерных автосамосвалах грузоподъемностью 160-240 т. В настоящее время значительный объем горной массы вывозится из карьеров в 820 автосамосвалах повышенной проходимости с шарнирно-сочлененной рамой грузоподъемностью 30-40 т.



*Горные работы на месторождении каменного угля в «малом карьере» с протяженностью фронта 1,0 км на территории Южно-Африканской Республики (на снимке из космоса)*

*Mining operations in the “small pit” of a hard coal deposit with a front length of 1.0 km on the territory of the Republic of South Africa (as seen in a satellite image)*

В последние годы в провинции Мпумаланга запасы угля на участках месторождений с пластами мощностью от 20 до 30 м, пригодные для открытой разработки, начинают постепенно заканчиваться. Завершение работ по добыче угля в ЮАР за редким исключением характеризуется практически повсеместно отсутствием работ по планировке техногенного рельефа и рекультивации нарушенных земель.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние 5-6 лет центр добычи угля открытым способом сместился в восточную часть угольного бассейна в провинции Мпумаланга, в котором добывают практически весь уголь в ЮАР. Итак, изучение и анализ снимков из космоса указывают на то, что угольный кластер ЮАР является основной точкой развития ее экономики. В настоящее время уровень промышленного развития и высокая степень механизации угледобывающих предприятий, сконцентрированных на небольшой по размерам площади, позволяют бесперебойно и в необходимом объеме снабжать объекты ТЭК ЮАР, а также стабильно поставлять на экспорт каменный уголь в объеме не менее 100 млн т в год.

### Список литературы

1. Пономаренко М.Р., Кутепов Ю.И., Шабаров А.Н. Информационно-аналитическое обеспечение мониторинга состояния объектов открытых горных работ на базе технологий веб-картографии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 8. С. 56-70.
2. Унифицированная технология дистанционного мониторинга природных и антропогенных объектов / А.М. Константинова, И.В. Балашов, А.В. Кашницкий и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 4. С. 41-52.
3. Исследование динамики работ по лесной рекультивации на угольных разрезах в Иркутской области с использованием результатов дистанционного зондирования / И.В. Зеньков,

- Чинь Ле Хунг, И.А. Ганиева и др. // Уголь. 2021. № 9. С. 51-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-51-54.
4. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Opencast Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore / I.V. Zenkov, T. Le Hung, V.N. Vokin et al. // Ecology and Industry of Russia. 2022. Vol. 26. Is. 1. P. 24-29.
  5. Spatial data and technologies for geomonitoring of land use under aspect of mineral resource sector development / N.J. Adero, C. Drebenstedt, E.N. Prokofeva et al. // Eurasian mining. 2020. No 1. P. 69-74.
  6. Ritesh Mujawdiya, Chatterjee R.S., Dheeraj Kumar. MODIS land surface temperature time series decomposition for detecting and characterizing temporal intensity variations of coal fire induced thermal anomalies in Jharia coalfield, India // Geocarto International. 2020. DOI: 10.1080/10106049.2020.1818853.
  7. Combining Satellite In SAR, Slope Units and Finite Element Modeling for Stability Analysis in Mining Waste Disposal Area / J. López-Vinielles, J.A. Fernández-Merodo, P. Ezquerro et al. // Remote Sens. 2021; 13(10):2008.
  8. Bell Stephen A.J. Successful recruitment following translocation of a threatened terrestrial orchid (*Diuris tricolor*) into mining rehabilitation in the Hunter Valley of NSW // Ecological Management and Restoration. 2021. Vol. 22. Is. 2. P. 204-207.
  9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.12.2023).

## Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, E.V. Loginova, Yu.P. Yuronen, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, Yu.A. Maglinets, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, 2024  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2024, № 1, pp. 109-112  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-1-109-112>

### Title

#### SURFACE COAL PRODUCTION IN THE FREE STATE AND MPUMALANGA PROVINCES OF THE REPUBLIC OF SOUTH AFRICA BASED ON SATELLITE IMAGING DATA

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1</sup>, Trinh Le Hung<sup>2</sup>, Loginova E.V.<sup>3</sup>, Yuronen Yu.P.<sup>3</sup>, Vokin V.N.<sup>4</sup>, Kiryushina E.V.<sup>4</sup>, Maglinets Yu.A.<sup>4</sup>, Raevich K.V.<sup>4</sup>, Latyntsev A.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660064, Russian Federation

<sup>2</sup> Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

<sup>3</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>4</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

## Authors Information

**Zenkov I.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, e-mail: [zenkoviv@mail.ru](mailto:zenkoviv@mail.ru)

**Trinh Le Hung**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Loginova E.V.**, PhD (Economic), Associate Professor

**Yuronen Yu.P.**, PhD (Engineering), Associate Professor

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

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

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

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

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

## Abstract

The geography of coal mining pits and thermal power plants based on coal combustion has been determined in the Free State and Mpumalanga provinces in the Republic of South Africa. The results are presented of studying the current state of surface mining of coal deposits using the Earth remote sensing data from space. The production potential of operating open-pit coal mines has been identified in the course of remote monitoring and analytical calculations.

## Keywords

Republic of South Africa, Free State and Mpumalanga Provinces, Fuel and energy complex, Coal pit mines, Coal production and consumption, Distribution of productive forces, Earth remote sensing from space.

## References

1. Ponomarenko M.R., Kutepov Yu.I. & Shabarov A.N. Information and analytical support for monitoring the condition of surface mining facilities based on web-mapping technologies. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2022, (8), pp. 56-70. (In Russ.).
2. Konstantinova A.M., Balashov I.V., Kashnitsky A.V. et al. Unified technology for remote monitoring of natural and man-made sites. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, (4), pp. 41-52. (In Russ.).
3. Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Ganieva I.A., Lukyanova A.A., Anischenko Yu.A., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Latyntsev A.A. & Veretenova T.A. A study of the forest reclamation dynamics at open-pit coal mines in the Irkutsk region using

remote sensing data. *Ugol'*, 2021, (9), pp. 51-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-51-54.

4. Zenkov I.V., Le Hung T., Vokin V.N. et al. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Opencast Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore. *Ecology and Industry of Russia*, 2022, Vol. 26, (1), pp. 24-29.

5. Adero N.J., Drebenstedt C., Prokofeva E.N. & Vostrikov A.V. Spatial data and technologies for geomonitoring of land use under aspect of mineral resource sector development. *Eurasian mining*, 2020, (1), pp. 69-74.

6. Ritesh Mujawdiya, R.S. Chatterjee & Dheeraj Kumar. MODIS land surface temperature time series decomposition for detecting and characterizing temporal intensity variations of coal fire induced thermal anomalies in Jharia coalfield, India. *Geocarto International*, 2020. DOI: 10.1080/10106049.2020.1818853.

7. López-Vinielles J., Fernández-Merodo J.A., Ezquerro P. et al. Combining Satellite InSAR, Slope Units and Finite Element Modeling for Stability Analysis in Mining Waste Disposal Area. *Remote Sens*, 2021; 13(10):2008.

8. Bell Stephen A.J. Successful recruitment following translocation of a threatened terrestrial orchid (*Diuris tricolor*) into mining rehabilitation in the Hunter Valley of NSW. *Ecological Management and Restoration*, 2021, Vol. 22, (2), pp. 204-207.

9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.12.2023).

## Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

## For citation

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Maglinets Yu.A., Raevich K.V. & Latyntsev A.A. Surface coal production in the Free State and Mpumalanga provinces of the Republic of South Africa based on satellite imaging data. *Ugol'*, 2024, (1), pp. 109-112. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-109-112.

## Paper info

Received October 31, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted December 7, 2023

## ABROAD

[XIX] МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР

ufi  
Approved  
Event



# Mining Week

KAZAKHSTAN '2024

25-27 [ИЮНЯ] 2024  
КАРАГАНДА · КАЗАХСТАН

ТОО «TNT EXPO»

🌐 [miningweek.kz](http://miningweek.kz)

☎ +7 (727) 344 00 63

✉ [mintek@tntexpo.com](mailto:mintek@tntexpo.com)

📷 [mining.week.kazakhstan](https://www.instagram.com/mining.week.kazakhstan)



MININGWEEK.KZ

# «СТАРТЫ МЕЧТЫ» В КУЗБАССЕ

Юные лыжники с особыми потребностями из Красноярска – участники благотворительного и реабилитационного проекта «Лига мечты» – побывали на соревнованиях «Старты мечты» в Кузбассе. В Кемеровской области такие состязания проводились впервые в рамках совместного проекта Совета по вопросам попечительства в социальной сфере Кузбасса, АНО «Лига мечты» и Фонда «СУЭК – РЕГИОНАМ» в сотрудничестве с Фондом Андрея Мельниченко. Местом необычных стартов стала база Губернского центра горнолыжного спорта и сноуборда на горе Туманная в городе Таштагол.

Проект «Лига мечты» с помощью уникальных методик реабилитации позволяет расширить физические и психологические возможности людей с ДЦП, синдромом Дауна, нарушениями слуха и зрения, аутизмом и другими особенностями здоровья. Специалисты проекта ставят детей и взрослых на горные лыжи, ролики, приобщают к командным играм, творчеству. «Лига мечты» – уникальный проект, реализуемый в партнерстве с СУЭК, – отметила во время открытия стартов **председатель Совета по вопросам попечительства в социальной сфере Кузбасса Анна Цивилева**. – Он открывает целый новый мир для семей с особенными детьми. Незабываемые эмоции, яркие впечатления, общение со сверстниками, первые маленькие победы несут в себе мощный целительный эффект. Многочисленные отзывы родителей однозначно показывают позитивные изменения в состоянии детей в ходе занятий на горных лыжах».



Праздник спорта и силы духа собрал участников из Кемеровской и Новосибирской областей, Красноярского, Алтайского и Приморского краев, республик Хакасия и Бурятия. На горнолыжную трассу вышли 42 юных спортсмена.

Напомним, в марте 2019 г. в Новокузнецке в рамках Международного женского форума состоялось подписание трехстороннего соглашения между Советом по вопросам попечительства в социальной сфере Кузбасса в лице председателя Совета Анны Цивилевой, АНО «Лига мечты» и Фондом «СУЭК – РЕГИОНАМ». За это время участниками благотворительной и реабилитационной программы стали более 650 детей.

Пресс-служба АО «СУЭК»

