

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

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

# УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРGETИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

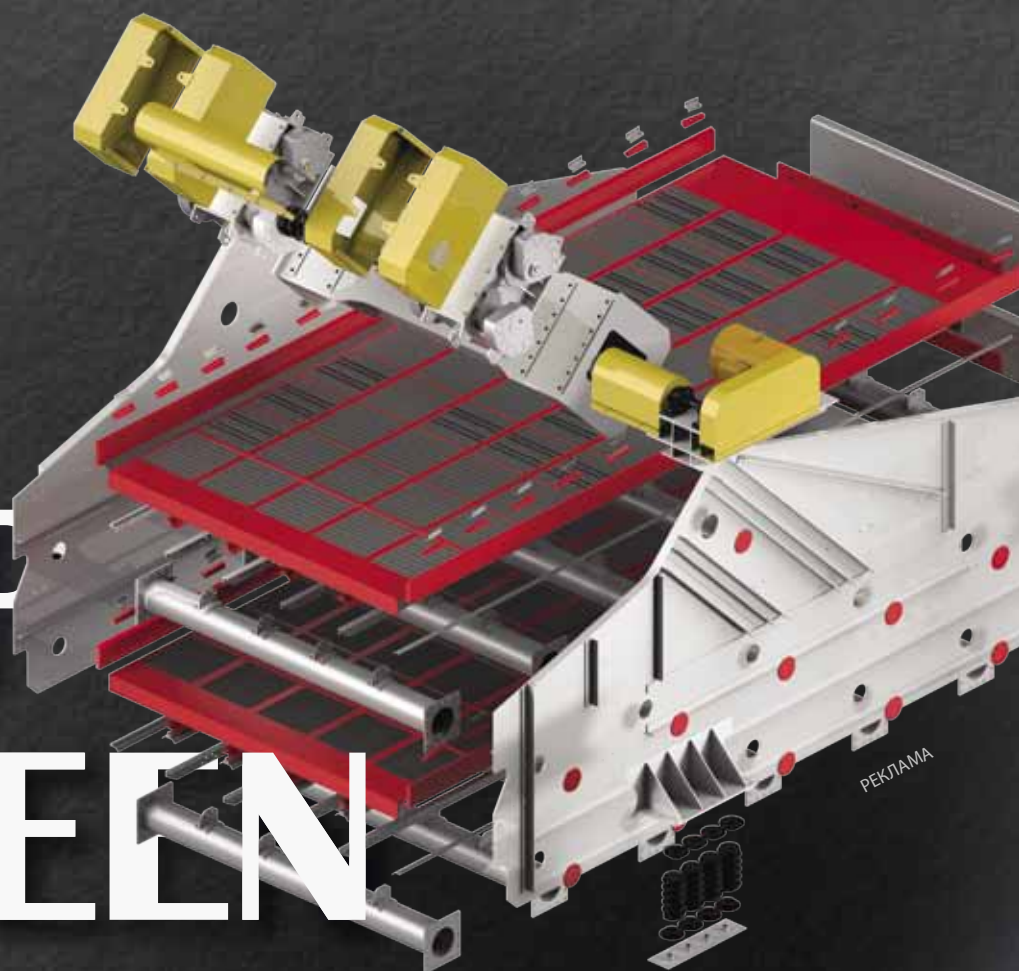
[WWW.UGOLINFO.RU](http://WWW.UGOLINFO.RU)

11-2023

ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО И НИЗКОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

# TAPP SCREEN PRIME

подробнее на стр. 10-11



**TAPP** GROUP  
TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**КУРГАНМАШЗАВОД**

klz@kmz.ru

+7 3522 47 19 24

**СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР  
ПРЕДПРИЯТИЙ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ  
ОТРАСЛИ**

РЕКЛАМА



**ВЫСОКОТОЧНЫЕ  
КОМПЛЕКСЫ**

# **ПРОЧНЫЙ СПЛАВ** **ЗНАНИЙ И ОПЫТА**

Производим изделия из стали и чугуна для надежной работы Вашего оборудования: мельниц, дробилок, питателей лавных конвейеров, экскаваторов, бульдозеров.



Бронеплиты



Била и молотки



Футеровки



Зубья ковшей



Звенья гусениц



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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

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

**Иностранцы члены редколлегии**

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

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

Основан в октябре 1925 года

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

**НОЯБРЬ****11-2023 /1173/****УГОЛЬ****ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА**

Страны ЭСКАТО должны работать вместе, чтобы укреплять всестороннее сотрудничество	4
Красноярские угольщики приняли участие в работе Всероссийской недели охраны труда	5
Хроника. События. Факты. Новости	6
Лохов Д.С. Горизонтальные проходы: инжиниринговый подход для максимальных показателей производства	10

**В ПОМОЩЬ ГОРНЯКУ**

Чечушков Д.М., Андриянова Д.В., Пономарев В.С. Опыт применения канатных анкеров для монтажа монорельсовой подвесной дороги в условиях шахты «Инаглинская»	12
--	----

**ПЕРСПЕКТИВЫ ТЭК**

Цивилева А.Е., Голубев С.С. Обеспечение технологического суверенитета угольной отрасли в условиях долгосрочных санкций	16
---	----

**ВОПРОСЫ КАДРОВ**

Каледина Н.О. Подготовка горных инженеров – содержание и качество	23
Кобылкин С.С., Руденко В.А. Подготовка кадров в области горноспасательного дела	30

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Скуфьина Т.П., Яковчук А.А. О качестве жизни населения добывающего арктического региона (Мурманской области)	43
---	----

**ЭКОНОМИКА**

Коршунова Л.Н., Савон Д.Ю., Борисова Л.В., Сафронов А.Е. Система управления ликвидностью угольной компании при использовании заемного капитала	48
Зонова О.В., Шевелева О.Б., Слесаренко Е.В. Экспортная угольная логистика: проблемы и перспективы	54
Казанцева Е.Г., Лямкин И.И. Особенности цифровой трансформации в угольной промышленности России	59

**ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ**

Воронов Ю.Е., Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Максимова О.С. Сравнительная оценка качества функционирования действующих и роботизированных экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов	65
Стрелецкий А.А., Кубрин С.С. Выявление значений фрактальной размерности Минковского для частиц пыли, образованной в результате массовых взрывов на угольном разрезе	72
Боос И.Ю., Патачаков И.В., Редькин Д.В., Черпакова А.А., Юронен Ю.П. Повышение безопасности открытых горных работ на основе новых знаний о сдвиговых характеристиках и геометрии разрабатываемых недр	76

**ЭКОЛОГИЯ**

Иванова Л.А., Беляева О.В., Гора Н.В., Угарова И.М., Голубева Н.С. Анализ эффективности методов очистки сточных вод угольной промышленности от ионов железа и марганца	81
Китова О.В., Савинова В.М., Дьяконова Л.П., Бондаренко Ю.О. Прогнозирование показателей туризма в регионах с угольной добычей: анализ возможностей с использованием информационно-аналитической системы «Горизонт»	88

**ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ**

Прокопьев С.А., Алексеева О.Л., Савон Д.Ю., Костюхин Ю.Ю., Прокопьев Е.С. Процесс развития технологий обогащения угля в России и за рубежом	96
--	----

**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 07.11.2023.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 16,0 + 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 № 135973

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



Макаревич Е.А., Папин А.В., Черкасова Т.Г., Неvedров А.В., Боброва И.В.

**Получение пекоподобного продукта из каменного угля терморазложением в смеси антраценовой фракции и тяжелой фракции жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий** \_\_\_\_\_ 102

Кара-сал Б.К., Саая Б.О., Солдуп Ш.Н.

**Аргиллитовые вскрышные породы угледобычи – техногенный сырьевой ресурс для производства гранулированного теплоизоляционного материала** \_\_\_\_\_ 108

**ГЕОИНФОРМАТИКА**

Степанов И.Ю.

**Проектирование информационной системы определения деструктивных изменений углепородного массива** \_\_\_\_\_ 113

**РУДНИЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ**

Филин А.Э., Курносов И.Ю., Тертычная С.В., Колесникова Л.А.

**Оценка влияния пульсирующей вентиляции на пылеосаждение орошением в горнодобывающем и перерабатывающем производстве** \_\_\_\_\_ 120

**ЗА РУБЕЖОМ**

Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Карачёва Г.И., Шатров Р.А., Маглинец Ю.А.,

Латынцев А.А., Скорнякова С.Н., Кузина Л.Н., Новоженин С.Ю.

**Результаты работ по восстановительной экологии и охране окружающей среды при производстве открытых горных работ на месторождениях угля в Австралии по данным спутниковой съемки** \_\_\_\_\_ 125

**Список реклам**

TAPP Group	1-я обл.	АО «НПО «АЛЗАМИР»	4-я обл.
ПАО «КУРГАНМАШЗАВОД»	2-я обл.	НПП Завод МДУ	15
Профессор УГЛЁВ	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 APPEL**, Dr.-Ing.,  
Essen, 45307, GermanyProf. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering),  
Freiberg, 09596, GermanyProf. **Jozef DUBINSKI**, Dr. (Engineering),  
Corresp. Member PAS, Katowice, 40-166, Poland**Sergey NIKISHICHEV**, FIMMM, Ph.D. (Economic),  
Moscow, 125047, Russian FederationProf. **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**NOVEMBER****11' 2023****UGOL' / RUSSIAN  
COAL  
JOURNAL****INFORMATION & ANALYTICS****The chronicle. Events. The facts. News** \_\_\_\_\_ 4  
Lokhov D.S.**Horizontal screens: engineering approach  
for maximum production figures** \_\_\_\_\_ 10**FOR A MINER'S REFERENCE**Chechushkov D.M., Andriyanova D.V., Ponomarev V.S.  
**Experience in the use of rope anchors  
for the installation of a monorail suspension road  
in the conditions of the Inaglinskaya mine** \_\_\_\_\_ 12**FUEL AND ENERGY COMPLEX OUTLOOK**Tsvivleva A.E., Golubev S.S.  
**Ensuring technological sovereignty  
of the coal industry in conditions  
of long-term sanctions** \_\_\_\_\_ 16**STAFF ISSUES**Kaledina N.O.  
**Training of mining engineers:  
content and quality** \_\_\_\_\_ 23Kobylykin S.S., Rudenko V.A.  
**Training of miners in mine rescue** \_\_\_\_\_ 30**SOCIAL & ECONOMIC ACTIVITY**Skufina T.P., Yakovchuk A.A.  
**On the quality of life of the population  
in the Arctic mining region (Murmansk region)** \_\_\_\_\_ 43**ECONOMICS**Korshunova L.N., Savon D.Yu.,  
Borisova L.V., Safronov A.E.  
**Liquidity management system  
of a coal company using loan capital** \_\_\_\_\_ 48Zonova O.V., Sheveleva O.B., Slesarenko E.V.  
**Export coal logistics: problems and prospects** \_\_\_\_\_ 54Kazantseva E.G., Lyamkin I.I.  
**Specific features of digital transformation  
in the Russian coal industry** \_\_\_\_\_ 59**SURFACE MINING**Voronov Yu.E., Voronov A.Yu.,  
Dubinkin D.M., Maksimova O.S.  
**Dispatching in truck-shovel systems  
with unmanned transport at open-pit mines** \_\_\_\_\_ 65Streletskij A.A., Kubrin S.S.  
**Defining the values of the Minkowski fractal  
dimension for dust particles generated  
as a result of large-scale blasting  
in a coal strip mine** \_\_\_\_\_ 72Boos I.Yu., Patachakov I.V., Redkin D.V.,  
Cherpakova A.A., Yuronen Yu.P.  
**Enhancing the safety of surface mining  
operations based on new knowledge  
of shear characteristics and geometry  
of mined mineral resources** \_\_\_\_\_ 76**ECOLOGY**Ivanova L.A., Belyaeva O.V.,  
Gora N.V., Ugarova I.M., Golubeva N.S.  
**Efficiency analysis of methods  
to remove iron and manganese ions  
from coal industry waste water** \_\_\_\_\_ 81Kitova O.V., Savinova V.M., Dyakonova L.P.,  
Bondarenko Yu.O.  
**Forecasting tourism indicators  
in regions with coal mining: analysis  
of opportunities using the Horizon  
information analytical system** \_\_\_\_\_ 88**COAL PREPARATION**Prokopyev S.A., Alekseeva O.L., Savon D.Yu.,  
Kostyukhin Yu.Yu., Prokopyev E.S.  
**The process of developing coal enrichment  
technologies in Russia and abroad** \_\_\_\_\_ 96Makarevich E.A., Papin A.V., Cherkasova T.G.,  
Nevedrov A.V., Bobrova I.V.  
**Production of pitch-like products  
from hard coal by thermal dissolution  
in a mixture of anthracene fraction  
and heavy fraction of the liquid products  
of rubber goods pyrolysis** \_\_\_\_\_ 102Kara-sal B.K., Saaya B.O., Soldup Sh.N.  
**Argillite overburden of coal mining  
as a technogenic raw material resource  
for the production of granular  
thermal insulation material** \_\_\_\_\_ 108**GEOINFORMATICS**Stepanov I.Yu.  
**Designing an information system  
for determining destructive changes  
in the carboniferous massif** \_\_\_\_\_ 113**MINE VENTILATION**Filin A.E., Kurnosov I.Yu., Tertychnaya S.V.,  
Kolesnikova L.A.  
**Assessment of the effect of pulsed  
ventilation on irrigation dust deposition  
in mining and processing production** \_\_\_\_\_ 120**ABROAD**Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Karacheva G.I.,  
Shatrov R.A., Maglinets Yu.A., Latyntsev A.A.,  
Skornyakova S.N., Kuzina L.N., Novozhenin S.Yu.  
**Results of rehabilitation ecology  
and environmental protection  
during surface mining operations  
at coal deposits in Australia  
based on satellite imaging data** \_\_\_\_\_ 125

## Страны ЭСКАТО должны работать вместе, чтобы укреплять всестороннее сотрудничество



19 октября, Бангкок (Тайланд). – Ускорение энергетического перехода не должно препятствовать традиционной энергетике обеспечивать доступ к надежному и устойчивому энергоснабжению. Об этом сообщил заместитель министра энергетики РФ Сергей Мочальников на Третьем Азиатско-Тихоокеанском энергетическом форуме под эгидой Экономической и социальной комиссии ООН для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО).

Выступая на дискуссионной панели высокого уровня «Стратегические аспекты построения безопасного, устойчивого и взаимосвязанного энергетического будущего для Азиатско-Тихоокеанского региона», замминистра назвал важные принципы, которых необходимо придерживаться при энергетическом переходе.

*«Мировому сообществу необходимо обеспечить баланс между снижением негативного влияния на климат и обеспечением растущих энергетических потребностей населения в доступных и недорогих источниках энергии. Для удовлетворения глобального спроса на энергию необходимо сбалансированное развитие углеводородной энергетики и новых источников энергии»,* – подчеркнул он.

По его словам, российский подход к энергетическому переходу строится на сбалансированных решениях с учетом национальных особенностей, на безопасности не только пред-

ложения и цепочек поставок, но и спроса, на стабильной и недискриминационной работе рынков и международной торговле энергоресурсами.

Сергей Мочальников отметил, что для успешного энергетического перехода важное значение также имеет финансирование. Одним из способов стимулирования финансовых потоков, по его словам, могла бы стать выработка общих, справедливых и прозрачных правил регулирования в части, касающейся классификации источников энергии, учета выбросов поглощений парниковых газов, «зеленой» таксономии и обращения углеродных единиц. *«Для финансирования энергетического перехода в России создана нормативная основа устойчивого рынка, в том числе зеленого финансирования»,* – отметил он.

Сергей Мочальников подчеркнул, что Азиатско-Тихоокеанский регион является основным драйвером мировой экономики и торговли, а значит, и потребления энергоресурсов. *«Страны ЭСКАТО должны работать вместе, чтобы укреплять всестороннее сотрудничество, продвигать свое видение энергетического будущего и выбора путей энергетического перехода в соответствии с национальными условиями и особенностями на основе взаимного уважения интересов»,* – заключил замминистра.

Пресс-служба Минэнерго РФ







## Красноярские угольщики приняли участие в работе Всероссийской недели охраны труда



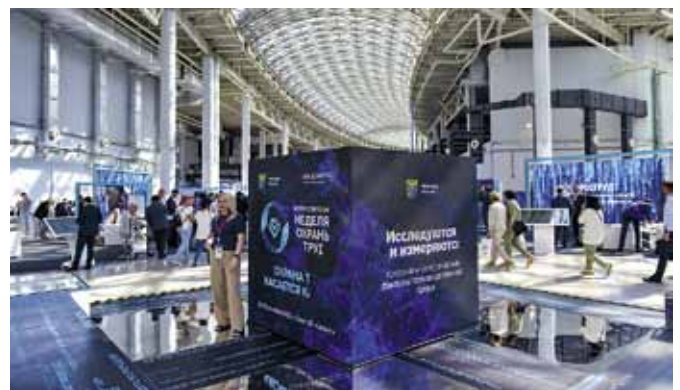
*Масштабный форум проходил в тринадцатый раз в Сочи. В этом году Всероссийская неделя охраны труда объединила около 8 тыс. участников из России и 30 зарубежных стран. Деловая программа включала более 150 мероприятий – панельные дискуссии, семинары, мастер-классы, кейсовый чемпионат, кадровые площадки, выставку передовых разработок в сфере охраны труда, цифровизации, профилактики профзаболеваний, спортивный забег, а также необычные мероприятия, такие как fashion-показ средств индивидуальной защиты и соревнования по робототехнике.*

Участие в Форуме ежегодно принимают представители АО «СУЭК-Красноярск» – в этом году компанию представляли пятеро человек: по одному от каждого из предприятий в крае и один – от головного офиса в Красноярске. Угольщики говорят, такие мероприятия помогают сориентироваться в современных тенденциях развития трудовых отношений, обеспечения безопасных условий труда на производстве, узнать о новинках оборудования и средств индивидуальной защиты.

Заместитель управляющего филиалом АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Назаровский» по производственному контролю, охране труда и экологии Александр Зиновьев отметил: многое оборудование, презентованное на форуме, стало достойной отечественной заменой зарубежным образцам. «Мне понравился стенд с приспособлениями для работы на высоте. Он был организован на улице, можно было наглядно – не с помощью видеороликов, а в реальных условиях – оценить их в деле», – рассказал он.

«Участие в таких мероприятиях должно быть обязательным для всех, кто связан с обеспечением охраны труда и промышленной безопасности на предприятиях, – убежден начальник учебного пункта филиала АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Бородинский» Александр Ромазанов. – Много полезного мы узнаем из общения с коллегами и мастерами своего дела о подходах к образовательной деятельности сотрудников, об изменении законодательных и нормативных государственных актов, об опыте других предприятий нашей страны».

На предприятиях СУЭК в Красноярском крае работа по охране труда организована на высоком уровне. По итогам 2022 г. сразу два из них – Бородинский разрез и Бородинское погрузочно-транспортное управление – вошли в число победителей краевого смотра-конкурса на лучшую ор-



ганизацию работы по охране труда. Назаровский разрез признан лучшим в корпоративном конкурсе среди предприятий СУЭК во всей России.

Пресс-служба АО «СУЭК»

## Березовский разрез СУЭК досрочно «встречает новый год»

Предприятие СУЭК в Шарыповском районе края досрочно, более чем за три месяца до завершения календарного года, рапортовало о выполнении годового плана по добыче угля. На текущий момент Березовский разрез добыл 4,7 млн т угля. До 31 декабря он намерен «прирастить» к этому объему еще около 2 млн т угля.

С выполнением плана коллектив Березовского разреза поздравил **генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров**. *«Второй год березовские горняки демонстрируют динамичные темпы производства, досрочно выполняя производственные задачи. Важно понимать, что за этими темпами стоят высочайший уровень организации работ, готовности техники и оборудования, четко отлаженное взаимодействие всех участков и цехов, постоянный диалог с энергетиками Березовской ГРЭС, а главное – трудолюбие, профессионализм, ответственное выполнение поставленных задач каждым из членов коллектива»*, – подчеркнул он.

В 2022 г. Березовский разрез отгрузил последнюю тонну годового плана в августе. А.В. Федоров уточняет: повы-



шенный спрос на твердое топливо сохраняется с лета 2022 г. Связано это с установившейся низкой водностью в реках Енисейского каскада, что не позволяет загружать ГЭС на полную мощность. Чтобы обеспечить необходимые объемы выработки электроэнергии, серьез-

ная нагрузка легла на станции угольной генерации. Березовский разрез поставляет уголь на Березовскую ГРЭС, одну из самых эффективных станций угольной генерации в стране. За годы совместной работы разрез и станция накопили большой опыт взаимодействия, в том числе в самых сложных условиях.

Чтобы восполнить запасы вскрытого угля для интенсивной добычи, на Березовском разрезе введена дополнительная техника – с начала года на участок автомобильной вскрыши поступили три самосвала БелАЗ грузоподъемностью 90 т. С высокой нагрузкой второй год работают также Бородинский и Назаровский разрезы. По итогам года все три предприятия СУЭК в Красноярском крае суммарно планируют добыть более 32 млн т твердого топлива.

## На Березовском разрезе досрочно выполнен годовой план по вскрышным работам

Березовский разрез СУЭК досрочно выполнил годовой план по вскрышным работам. С начала года вскрышники переместили в отвалы 3,4 млн куб. м породы. План по вскрыше был выполнен практически одновременно с отгрузкой последних тонн годового плана по добыче угля – это произошло 21 сентября.

*«Важным достижением наших предприятий является то, что мы готовы в сжатые сроки нарастить объемы добычи, если того потребует энергосистема Красноярского края и Сибири, что и случилось в последние годы, – комментирует генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров. – У нас работают сплоченные коллективы, которые профессионально выполняют свои обязанности, бережно эксплуатируют технику, любят свою работу и свою малую родину.»*

Вскрыша – важная часть процесса угледобычи. Вскрышники первыми «прокладывают путь» к углю, обеспечивая «фронт работ» для роторной техники, занятой на добыче. Чтобы поддержать объем вскрытых запасов в условиях интенсивной добычи, на красноярские предприятия по инвестиционной программе СУЭК поступает новая техника. Так, с начала года новые автосамосвалы БелАЗ введены на Бородинском и Березовском разрезах, на Назаровском и Березовском разрезах введены из консервации дополнительные экскаваторы.



АО «Разрез Березовский»

Пресс-служба АО «СУЭК»



## Первокурсники КузГТУ впервые прошли посвящение в горняки на Кедровском угольном разрезе

Первокурсники Горного института Кузбасского государственного технического университета впервые прошли посвящение в горняки на угольном предприятии. Торжественная церемония для 70 студентов состоялась на производственной площадке Кедровского разреза УК «Кузбассразрезуголь». Они произнесли клятву первокурсника и расписались под ней на специальном свитке, который будет храниться в университете.

«Кузбасский государственный технический университет уже много лет является одним из ключевых партнеров Компании по подготовке кадров. Половина руководителей и специалистов УК «Кузбассразрезуголь», а также 80% инженерно-технических работников – выпускники этого вуза. Мы заинтересованы в том, чтобы работать к нам приходили выпускники с глубокими знаниями. Уверен, такое посвящение в выбранную профессию и знакомство с работой Кедровского угольного разреза станут дополнительным стимулом для успешной учебы и постижения азов горного дела», – отметил **генеральный директор УК «Кузбассразрезуголь» Станислав Матва**.

Студенты увидели современную технику, которая сегодня используется для угледобычи, посмотрели, как ведутся вскрышные работы, и сфотографировались на память с карьерным 220-тонным самосвалом. После посещения разреза первокурсники заложили в жилом районе Кедровка «Аллею будущих горняков». Она начинается от средней школы № 52 и ведет к административно-бытовому комплексу Кедровского угольного разреза. Студенты высадили на ней 170 саженцев сирени и декоративных кленов Гиннала.

«Тесное сотрудничество с будущими работодателями наших выпускников – это курс Кузбасского политеха на максимальное сближение образования с производством, с практикой, с реальной жизнью. Этот тренд мы



**КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ**

*продолжаем наращивать. Я рад, что Кузбассразрезуголь поддерживает нас – вместе с Компанией университет развивает науку и материально-техническую базу. А сегодня «Кузбассразрезуголь» сделал еще один шаг навстречу и налаживает контакт сразу с первым курсом. Уверен, при активном участии Компании в учебном процессе знания у студентов будут усваиваться намного лучше. Тем более, что сегодня наступило новое время для горных работ – развиваются прорывные технологии, цифровизация производства, перед горняками стоит огромное количество интересных задач, к решению которых прямо со студенческой скамьи смогут подключиться и наши ребята», – отметил **ректор КузГТУ Алексей Яковлев**.*

УК «Кузбассразрезуголь» и КузГТУ связывает многолетнее сотрудничество в направлении профориентации молодежи, профессиональной подготовки специалистов для горной отрасли. В Компании принята программа по развитию взаимодействия с вузом. Она предусматривает участие специалистов УК «Кузбассразрезуголь» в профориентационных мероприятиях и защитах дипломных работ, организацию производственных практик, укрепление материально-технической базы КузГТУ современным оборудованием. Руководители и сотрудники угольной компании и её филиалов проводят профориентационные встречи и лекции для студентов. Студенты старших курсов на базе предприятий Компании могут пройти дополнительное обучение на машиниста экскаватора, а в перспективе и по другим горняцким специальностям. Также готовится образовательная программа для старшекурсников по основам бережливого производства и развитию лидерских качеств. Запланирована организация стажировок преподавателей университета на угольных разрезах Компании.

*Пресс-служба УК «Кузбассразрезуголь»*



## Осинниковскому ремонтно-механическому заводу исполнилось 90 лет

**В сентябре 2023 г. одному из старейших предприятий производственной инфраструктуры Кузбасса, Осинниковскому ремонтно-механическому заводу (ОРМЗ) исполнилось 90 лет. Завод ориентирован на угледобывающую отрасль.**

В настоящее время здесь выпускают различные виды крепления для горных выработок, обеспечивая ими все шахты Распадской угольной компании (РУК). ОРМЗ успешно осваивает новые рынки сбыта, расширяет линейку выпускаемой продукции.

Ежемесячно специалисты завода перерабатывают 1600 т металлопроката: изготавливают крепежные мате-



риалы, арочную, анкерную крепи и их комплектующие, решетчатую затяжку, металлоконструкции, конвейерные стawy. Предприятие активно участвует в цифровой трансформации, внедряет и использует в работе более производительные технологии.

Осинниковский ремонтно-механический завод стал первым среди предприятий РУК участником Национального проекта «Производительность труда». Это помогло заводу увеличить объемы выпуска промышленных изделий, которые пользуются высоким спросом.

На торжестве в честь юбилея предприятия 22 лучшим сотрудникам вручили областные, городские и корпоративные медали «Заслуженный работник компании», «За особый вклад в развитие компании», «За трудовое отличие», а также почетные грамоты.

*Управление по связям с общественностью  
Распадской угольной компании*



*Начальник цеха по изготовлению металлокрепи и металлоконструкций Александр Купряшин*



*Общий стаж заводской династии  
Маркиных-Смирновых – 176 лет*



*В цехе по изготовлению  
металлокрепи  
и металлоконструкций самые  
распространенные профессии –  
штамповщик и резчик металла*



## Угольщики и энергетики участвуют в возрождении плодово-ягодной станции в Красноярске

История плодово-ягодной станции насчитывает более века – в советские времена на площади в несколько сотен гектаров селекционеры выращивали яблоны, груши, плодовые кустарники. Сегодня станцию возрождают как общественное пространство для загородного отдыха, природный парк «Юдинская долина» – здесь спланированы пешеходные дорожки, существующие насаждения дополнены новыми. В том числе более 500 деревьев и кустарников высадили волонтеры крупных промышленных компаний, малого и среднего бизнеса, студенты.

Участие в экологической акции приняли сотрудники СУЭК, SGK, активисты «Зеленой дружины». Экологическое мероприятие стало настоящим праздником – волонтеры работали задорно, с хорошим настроением, шутками, быстро и слаженно.

Такой тандем уже проверен множеством сибирских зим – благодаря сотрудничеству угольщиков и энергетиков тепло и горячая вода приходят в сотни красноярских домов, в социальные учреждения. Во время эко-акции их общими усилиями в парке «Юдинская долина» были высажены кедры, ели, ива, пирамидальный тополь, рябина, калина и яблоны.

Угольщики неделю назад участвовали в благоустройстве набережной реки Кача – высаживали молодые ели. «Приятно было в очередной раз в компании коллег поучаствовать в добром деле, – говорит **начальник административно-хозяйственного отдела АО «СУЭК-Красноярск» Вероника Сорок.** – Нужно сделать такие эко-акции доброй традицией, и в целом чаще проводить встречи в неофициальной обстановке, это отлично сплачивает коллектив».



Саженцы ели угольщики СУЭК высадили вдоль Качи в непосредственной близости от Сквера Победителей и Красноярского краевого Дворца пионеров.

«Наши сотрудники всегда с готовностью поддерживают инициативы, связанные с экологией, благоустройством, – отмечает **генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Витальевич Федоров.** – К тому же речь идет о Центральном районе. Это – исторический и деловой центр нашего города. Здесь находится наш головной офис, мы всегда содержим в порядке прилегающую территорию, неоднократно участвовали в районном конкурсе благоустройства».

Энергетики вместе с «Зеленой дружиной» только за этот год высадили в Красноярске около 200 деревьев – ели, яблоны, кусты сирени появились в парке «Солнечная поляна» в микрорайоне Солнечный, на территории трех школ и детского сада в Свердловском районе. «Мы всегда откликаемся на приглашения поучаствовать в озеленении города. SGK много делает для экологии Красноярска: модернизирует ТЭЦ, строит электрофильтры, замещает котельные, высаживает деревья и кустарники. Мы сами и наши семьи живут здесь, поэтому важно, чтобы город был комфортным, ухоженным, зеленым и процветающим. Все в наших руках, чтобы сделать его таким», – уверена ведущий инженер отдела реализации инвестиционных проектов красноярской теплосети SGK Елена Зингер. Кроме того, СУЭК и SGK активно участвуют в озеленении в городах присутствия в крае.

Пресс-служба АО «СУЭК»



# Горизонтальные грохоты: инженеринговый подход для максимальных показателей производства



## ЛОХОВ Д.С.

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

**Ключевые слова:** TAPP Group, горизонтальные грохоты, эффективность, инженеринговые усовершенствования, горизонтальный грохот Prime, настройка дробления.

Российские промышленные предприятия испытывают высокую потребность в современном обогащательном оборудовании, способном эффективно решать поставленные перед ним задачи. Современный рынок предъявляет высокие требования к качеству и технологичности используемых грохотов. Это является необходимым условием для обеспечения высокого качества выпускаемого продукта, рентабельности и долгосрочной жизнеспособности предприятия.

При всей своей кажущейся простоте горизонтальные грохоты играют важную роль. Ненадлежащая работа может превратить их в узкое место предприятия. В результате последствия удручающие: уменьшается выпуск продукции, падает выручка, увеличивается рост энергопотребления, растут дополнительные издержки на износ оборудования и увеличиваются трудозатраты. Такие грохоты не просто сокращают прибыль, они ее поглощают.

Мы предлагаем не просто грохоты, мы осуществляем комплексный подход к решению задач.

Грохоты производятся, исходя из особенностей каждого предприятия, они проходят инженеринговые усовершенствования для достижения максимальных показателей в индивидуальных условиях фабрик.

## ВОТ РЕЗУЛЬТАТЫ, КОТОРЫХ ДОСТИГЛИ НАШИ КЛИЕНТЫ:

В рамках реализации производственной программы фабрики ЦОФ «Березовская» произведена замена грохотов. Для увеличения нагрузки на фабрику было принято решение о замене классифицирующих грохотов ГИСТ-72 производительностью 260 т/ч, работающих в каскаде по первой секции, на горизонтальные грохоты производительностью 400 т/ч. Модернизация позволит сократить время остановки для перехода на комбинированную схему для работы на тяжелосреднем гидроциклоне с 24 до 4 часов планово-предупредительного ремонта.

Для компании АО «Ковдорский ГОК» мы разработали и установили горизонтальный грохот Prime для обезвоживания руды крупностью 0-40 мм. Мы спроектировали и встроили оборудование в существующие габариты, но при этом увеличили производительность агрегата. Грохот справляется с нагрузкой до 500 т/ч. Ранее достичь такого результата не получалось, ввиду того, что грохота, способного работать с такими показателями, просто не существовало.

Мы также установили грохот Prime на участке предварительной классификации материала и удаления глинистых включений взамен валковых грохотов, которые плохо справлялись с задачей, в результате чего страдали все последующие процессы. Установка грохота Prime и настройка дробления увеличили производительность комплекса с 360 т/ч до 650 т/ч и извлечение апатита на 6%! Грохот позволяет эффективно классифицировать и отмывать руду без затягивания ячеек сит. Подрешетный продукт уходит в зумпф и при помощи насосов перекачивается по трубопроводу на обезвоживающий грохот. Это все позволяет исключить определенный процент материала из питания дробилок и увеличить производительность, а также эффективность помолла.





#### ВАШИ ВЫГОДЫ:

**Высокое качество выпускаемого продукта.** Амплитуда грохота переносит вибрацию на материал, передавая ее в направлении разгрузочной части грохота. Эта вибрация заставляет слой материала находиться во взвешенном состоянии, позволяя более тонкому материалу проходить через отверстия в сите.

**Низкое энергопотребление.** Компоненты грохота очищаются дробью, после чего покрываются эпоксидной грунтовкой, а затем готовым покрытием. Корпус грохота обеспечивает структурную прочность, минимальное напряжение и легкий вес, что обеспечивает минимальное потребление энергии при максимальной эффективности, а также снижает шум.

**Выгодная эксплуатация.** Поперечные балки изготовлены из высокопрочной стали и имеют круглое сечение, что позволяет выдерживать нагрузку во всех направлениях и исключить необратимые деформации вызываемые косым изгибом, обеспечивая долговечность всей конструкции. Внутренние поверхности всех балок защищены для исключения риска их разрушения в результате коррозий, что немаловажно, ведь балки рассчитаны на весь срок службы грохота.

**Расходы еще ниже.** Одно сито от компании TAPP Group снимается всего за 45 секунд, а устанавливается за 30 секунд. Его ходимость в 5-7 раз выше стандартных просеивающих поверхностей. Это снижает время простоя оборудования и увеличивает производительность. Замена просеивающей поверхности грохота является затратной операцией как с точки зрения материалов, так и с точки зрения трудозатрат. Увеличение срока службы просеивающей поверхности значительно снижает экономические и трудозатраты

**Мы предлагаем вам горизонтальные грохоты любых типоразмеров с высоким фактором разделения. Например, грохоты с размерами просеивающей поверхности 4,0 метра на 8,0 метров работают в России уже более 5 лет.**

**Если вам необходима более подробная информация о продукте, пожалуйста, свяжитесь с нами любым удобным способом или направьте свой вопрос ответным письмом, наши специалисты свяжутся с вами в кратчайшие сроки.**

#### Наши контакты:

тел.: +7 (4722) 23-28-39,

+7 (800) 301-27-73

e-mail: [info@tapp-group.ru](mailto:info@tapp-group.ru)

web: [www.tapp-group.ru](http://www.tapp-group.ru)

#### Наш YouTube-канал:



# Опыт применения канатных анкеров для монтажа монорельсовой подвесной дороги в условиях шахты «Инаглинская»\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-12-15>

## ЧЕЧУШКОВ Д.М.

Ведущий инженер ООО «РАНК 2»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: kom.rank2@gmail.com

## АНДРИЯНОВА Д.В.

Главный специалист  
технического отдела  
ТД ИД ООО «УК «Колмар»,  
678960, г. Нерюнгри, Россия,  
e-mail: andrijanova.d@kolmar.ru

## ПОНОМАРЕВ В.С.

Главный инженер шахты «Инаглинская»  
АО «ГОК «Инаглинский»,  
678960, г. Нерюнгри, Россия,  
e-mail: ponomarev.vs@kolmar.ru

В работе рассмотрены актуальность обеспечения повышения эффективности работы вспомогательного транспорта, практическая необходимость увеличения темпов проведения подготовительных горных выработок при необходимости оперативного перемонтажа механизированных комплексов на шахтах угольной компании «Колмар». Представлены успешный совместный опыт взаимодействия и сотрудничества угледобывающей компании «Колмар» и ООО «РАНК 2» при внедрении канатных анкеров АК01-25 для монтажа МПД на ш. «Инаглинская», дальнейшее повышение эффективности и предсказуемость положительных результатов на предприятиях угольной компании «Колмар».

**Ключевые слова:** монорельсовая подвесная дорога, анкерная крепь, канатный анкер, монтаж МПД.

**Для цитирования:** Чечушков Д.М., Андриянова Д.В., Пономарев В.С. Опыт применения канатных анкеров для монтажа подвесной монорельсовой дороги в условиях шахты «Инаглинская» // Уголь. 2023. № 11. С. 12-15. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-12-15.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные темпы ведения подземных горных работ с использованием высокопроизводительной техники диктуют условия соблюдения сроков сопутствующих работ, таких как доставка и выдача материалов и оборудования. Монорельсовые подвесные дороги обоснованно рекомендовали себя как наиболее эффективный вид подземного транспорта на угольных предприятиях России.

Монтаж монорельсовой подвесной дороги (МПД) в выработках, закрепленных анкерной крепью, осуществляется либо на два сталеполимерных анкера с анкерным захватом, либо на специальные канатные анкеры (рис. 1). Первый способ крепления МПД имеет ряд недостатков – трудоемкость и металлоемкость, невозможность закрепления сталеполимерных анкеров для МПД на 0,5-1 м выше основной крепи в выработках малого сечения [1, 2, 3, 4].

В действительности, зачастую для монтажа МПД используются анкеры одной длины с анкерами основной крепи, что приводит к дополнительному нагружению основной крепи свыше проектного значения. В этом случае при транспортировке грузов возможно разрушение пород кровли вплоть до обрушения пород вместе с крепью [5, 6, 7]. При втором способе уменьшается объем работ по бурению и монтажу, канатные анкеры имеют большую несущую способность и за счет гибкости конструкции могут применяться в выработках любой высоты при монтаже

\* В написании статьи принимали участие: заместитель директора по перспективному развитию шахты «Инаглинская» АО «ГОК «Инаглинский» Т.В. Воробьева и главный специалист технического отдела ТД ИД ООО «УК «Колмар» Д.Г. Шалаев.



крепи. В работе освещен совместный успешный опыт применения канатных анкеров при монтаже МПД угледобывающей компании «Колмар» и ООО «РАНК 2».

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ООО «УК «Колмар» ведет отработку запасов каменноугольных месторождений Южной Якутии. Общие балансовые запасы каменного угля составляют 1,1 млрд т, большая часть из которых – коксующиеся угли марок Ж, КЖ, и К. В 2023 г. УК «Колмар» планирует увеличить добычу угля до 14,3 млн т.

В целях достижения плановых показателей технической дирекцией угольной компании «Колмар» реализуются проекты по оптимизации производственных процессов по подготовке очистных забоев к работе. Таким образом, при начале планирования производственных процессов на 2023 г., а именно в середине 2022 г., в угольной компании «Колмар» встал вопрос об увеличении темпов проведения подготовительных горных выработок и оперативном ремонте лавных комплексов на шахтах угольной компании. Для бесперебойной работы шахт требовалось оперативно доставлять в горные выработки оборудование, материалы для крепления, перевозить рабочий персонал. Возникла острая проблема – не допустить отставания монтажа МПД.

После появления данной задачи техническими специалистами ООО «УК «Колмар», совместно с инженерами ООО «РАНК 2» был проработан вопрос оптимизации процесса монтажа монорельсовой подвесной дороги, а именно, рассмотрены варианты монтажа МПД с учетом стоимости, расхода материалов, затрат времени и трудозатрат на монтаж одного узла МПД. По результатам сравнения возможных вариантов наиболее предпочтительным оказался вариант монтажа МПД с использованием канатного анкера АК01-25 в комплекте с гайкой-подвесом АК01-25 (рис. 2).

Опытной площадкой для производства работ по монтажу МПД с применением канатного анкера АК01-25 не случайно была выбрана шахта «Инаглинская», в апреле 2023 г. там планировался ремонт лавного комплекса в новую лаву и тем самым можно было сразу проверить новый вид монтажа МПД по всем возможным и необходимым параметрам для предприятия [8, 9, 10].

В апреле 2023 г. на предоставленном для испытаний участке конвейерного штрека № 19-5-8 с пикета ПК304 по пикет ПК317 при участии инженеров ООО «РАНК 2» в соответствии с методикой установки была смонтирована монорельсовая подвесная дорога на протяжении

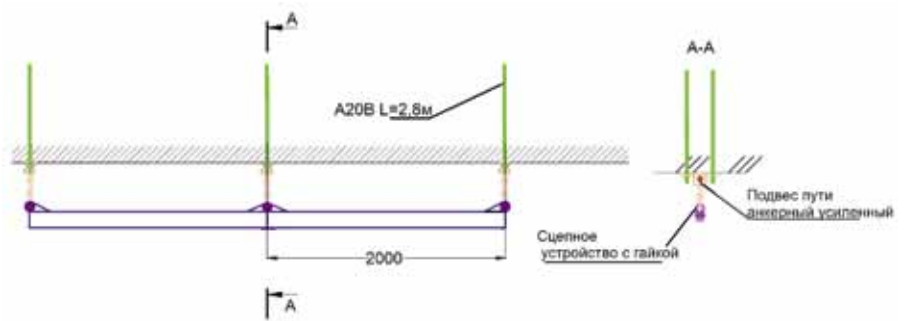


Рис. 1. Ранее применяемая УК «Колмар» схема крепления МПД

Fig. 1. Previously used by the "UK "Kolmar" LLC the scheme of fastening the MPD

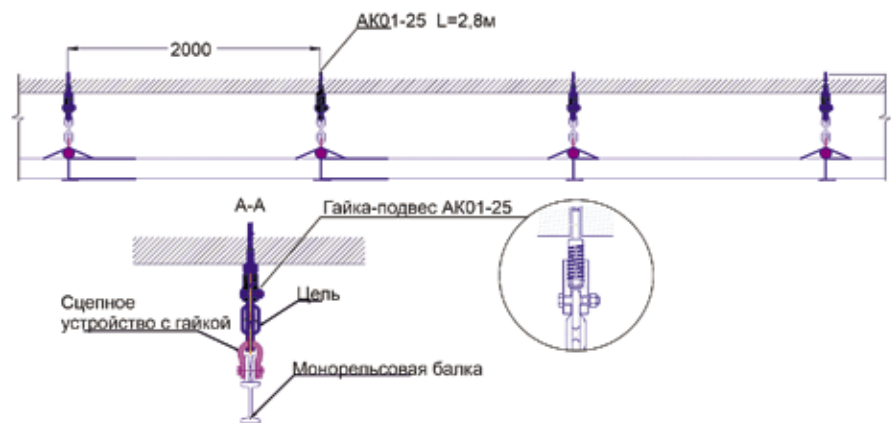


Рис. 2. Предложенная «РАНК 2» схема крепления МПД

Fig. 2. The proposed by "RANK 2" LLC MPD mounting scheme

100 м. Для монтажа данного участка МПД были использованы канатные анкеры АК01-25 длиной 2,8 м в комплекте с гайкой-подвесом производства компании ООО «РАНК 2».

Крепление канатных анкеров производилось ампульным способом с использованием трех полимерных ампул  $L=470$  мм. После установки АК01-25 в проектное положение на муфту анкера накручивалась гайка-подвес на всю высоту резьбовой части. Далее звено цепи предназначенной для монтажа балки МПД закреплялось в гайке-подвесе при помощи высокопрочного болта, гравера и гайки.

Участок смонтированной дороги был комиссионно проверен на соответствие нормам и правилам в области промышленной безопасности на предельные нагрузки и прямолинейность пути. А именно, по данному участку дороги первоначально произведено передвижение порожнего (без груза) подвижного состава с дизель-гидравлическим локомотивом Ferrit в обоих направлениях. Далее было произведено передвижение подвижного состава с грузом весом 15 т также в обоих направлениях. Контрольное третье передвижение подвижного состава было осуществлено со 100%-ной нагрузкой (секция механизированной крепи FRS 1 ед. общей массой 32,6 т). После проведенных испытаний комиссией не было выявлено никаких деформационных изменений смонтированного участка МПД.

Сравнительный расход материалов при монтаже МПД анкерной крепью А20В и АК01-25 представлен в таблице.

**Количество (расход) материалов  
и работ для крепления  
100 м монорельсовой подвесной дороги**

Quantity (consumption) of materials and works for fixing  
100 m of monorail suspension road

Наименование материалов/работ	A20B	AK01-25
Количество анкеров, шт.	102	51
Гайка-подвес AK01-25, шт.	–	51
Анкерный подвес, шт.	51	–
Ампулы химические, шт.	306	153
Буровые резцы, шт.	131	65,5
Объем буровых работ (шпурометры), м	285,6	142,8

Теоретические расчеты эффективности выбранного варианта крепления подтвердились на практике – при производстве работ по монтажу МПД на опытном участке. В сравнении с ранее применявшимся на шахтах УК «Колмар» монтажом МПД с использованием анкерного подвеса, закрепляемого сталеполимерными анкерами типа A20B, применение канатного анкера AK01-25 в комплекте с гайкой-подвесом AK01-25 позволило:

- сократить временные затраты на монтаж МПД;
- значительно ускорить процесс монтажа, что позволило увеличить количество погонных метров крепления МПД за 1 чел./смену;
- снизить трудоемкость и количество процессов, необходимых для монтажа одного узла МПД;
- уменьшить на 50% объем буровых работ;
- повысить безопасность ведения горных работ за счет закрепления канатных анкеров в устойчивых породах кровли выработки за пределами свода обрушения;
- значительно снизить экономическую составляющую монтажа МПД.

Совместное обоснованное и опробованное техническое решение специалистов технической дирекции ООО «УК «Колмар», инженерно-технических специалистов шахты «Инаглинская» и инженеров ООО «РАНК 2» по оптимизации крепления МПД в условиях шахты «Инаглинская» позволило достигнуть экономического эффекта в размере 27% от общих затрат.

В результате данного положительного опыта, технической дирекцией ООО УК «Колмар» было принято решение о переходе на монтаж МПД в подземных горных выработках с применением канатных анкеров AK01-25 в комплекте с гайкой-подвесом на всех шахтах угольной компании ООО «УК «Колмар».

**Список литературы**

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Приказ Ростехнадзора от 08 декабря 2020 г. № 507.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 42. М.: ЗАО «НТЦ Исследования проблем промышленной безопасности», 2021. 179 с.
3. Кузнецов Е.В. Обоснование параметров крепления подвески монорельсовых дорог в выработках с анкерной крепью. Методические рекомендации. Кемерово: КузГТУ, 2009. 19 с.
4. Третенков И.В., Лукьянов В.Г. Устойчивость горных выработок. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. 134 с.
5. Канатный анкер АК 01: крепление подвесной монорельсовой дороги / М.В. Лысенко, А.В. Самок, Г.В. Райко и др. // Уголь. 2011. № 6. С. 47-49. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042013pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Оценка эффективности двухуровневого анкерного крепления сопряжений горных выработок угольных шахт / П.В. Гречишкин, А.С. Позолотин, Д.Ф. Зяятдинов и др. // Горный журнал. 2011. № 8. С. 48-51.
7. Применение канатных анкеров для монтажа монорельсовых подвесных дорог / П.В. Гречишкин, А.С. Позолотин, Н.Н. Баландин и др. // Уголь Украины. 2013. № 4. С. 25-27.
8. Кузьминский А.Д. Корректировка проекта строительства шахты «Инаглинская» АО «ГОК «Инаглинский». Нерюнгри, 2021.
9. Южно-Якутский каменноугольный бассейн: монография. Угольная база России. Т. 5. Кн. 2. / А.А. Хворостина, А.Н. Пахомов, Н.П. Поляков и др. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. С. 15-129.
10. Гресов А.И. Метаресурсная база угольных бассейнов Дальнего Востока России и перспективы ее промышленного освоения. Т. II. Углеметановые бассейны Республики Саха (Якутия) и Северо-Востока. Владивосток: Дальнаука, 2012. 468 с.

Original Paper

UDC 622.281/.289 © D.M. Chechushkov, D.V. Andriyanova, V.S. Ponomarev, 2023  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 12-15  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-12-15>

**Title**  
**EXPERIENCE IN THE USE OF ROPE ANCHORS FOR THE INSTALLATION OF A MONORAIL SUSPENSION ROAD  
IN THE CONDITIONS OF THE INAGLINSKAYA MINE**

**Authors**  
Chechushkov D.M.<sup>1</sup>, Andriyanova D.V.<sup>2</sup>, Ponomarev V.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> RANK 2 LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation  
<sup>2</sup> TD ID LLC "UK "Kolmar", Neryungri, 678960, Russian Federation  
<sup>3</sup> JSC "GOK "Inaglinsky", Neryungri, 678960, Russian Federation

FOR A MINER'S REFERENCE



**Authors Information**

**Chechushkov D.M.**, Lead Engineer, e-mail: kom.rank2@gmail.com

**Andriyanova D.V.**, Chief Specialist of the Technical Department,  
e-mail: andriyanova.d@kolmar.ru

**Ponomarev V.S.**, Chief Engineer of the Inaglinskaya Mine,  
e-mail: ponomarev.vs@kolmar.ru

**Abstract**

The paper considers the relevance of ensuring an increase in the efficiency of auxiliary transport, the practical need to increase the pace of preparatory mining, if necessary, the operational remounting of mechanized complexes at the mines of the coal company "Kolmar". The successful joint experience of interaction and cooperation of the coal mining company "Kolmar" and LLC "RANK 2" in the introduction of rope anchors AK01-25 for the installation of MPD on the Inaglinskaya railway, further improvement of efficiency and predictability of positive results at the enterprises of the coal company "Kolmar" are presented.

**Keywords**

Monorail suspension road, Anchor support, Rope anchor, Installation of MPD.

**References**

1. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules in coal mines". Rostekhnadzor Order No. 507 dated December 08, 2020. (In Russ.).
2. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instructions for the calculation and application of anchorage in coal mines". Episode 05. Issue 42. Moscow: CJSC "STC research of industrial safety problems", 2021, 179 p. (In Russ.).
3. Kuznetsov E.V. Substantiation of the parameters of monorail suspension fastening in workings with anchorage. Methodological recommendations. Kemerovo, KuzSTU Publ., 2009, 19 p. (In Russ.).

4. Tretenkov I.V. & Lukyanov V.G. Stability of mine workings. Tomsk, Publishing House of Tomsk State University, 2015, 134 p. (In Russ.).

5. Lysenko M.V., Samok A.V., Rayko G.V. & Grechishkin P.V. *Anchor AK 01: fastening of a monorail suspension road*. Ugol', 2011, (6), pp. 47-49. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042013pdf> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

6. Grechishkin P.V., Pozolotin A.S., Zayatdinov D.F. et al. Evaluation of the effectiveness of two-level anchor fastening of coal mine workings. Gorny zhurnal, 2011, (8), pp. 48-51. (In Russ.).

7. Grechishkin P.V., Pozolotin A.S., Balandin N.N. et al. The use of rope anchors for the installation of monorail suspension roads. Ugol' Ukrainy, 2013, (4), pp. 25-27. (In Russ.).

8. Kuzminsky A.D. Adjustment of the Inaglinskaya mine construction project of Inaglinsky GOK JSC. Neryungri, 2021. (In Russ.).

9. Khvorostina A.A., Pakhomov A.N., Polyakov N.P. et al. The South Yakut coal basin: monograph. Coal base of Russia. Vol. 5. Book 2. Moscow, CJSC Geoinformmark Publ., 1999, pp. 15-129. (In Russ.).

10. Gresov A.I. Metaresource base of coal basins of the Russian Far East and prospects for its industrial development. Vol. II. Coal-methane basins of the Republic of Sakha (Yakutia) and the Northeast. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2012, 468 p. (In Russ.).

**For citation**

Chechushkov D.M., Andriyanova D.V. & Ponomarev V.S. Experience in the use of rope anchors for the installation of a monorail suspension road in the conditions of the Inaglinskaya mine. Ugol', 2023, (11), pp. 12-15. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-12-15.

**Paper info**

Received October 13, 2023

Reviewed October 17, 2023

Accepted October 26, 2023

## Угледобывающие предприятия России за девять месяцев 2023 г. нарастили добычу на 0,9%, до 315 млн т

Об этом сообщает Росстат. Отмечается рост добычи каменного угля всех видов на 0,5% в годовом сопоставлении – до 250 млн т. Так, добыча антрацитов увеличилась на 7,4% и составила 20,1 млн т. При этом выпуск коксующегося угля снизился на 4,9%, до 74,5 млн т. Добыча прочего каменного угля выросла на 0,7% и составила 155 млн т. Выпуск бурого угля в отчетный период вырос на 6,6% и составил 64,9 млн т.

Вместе с тем в сентябре 2023 г. отмечалось общее сокращение добычи угля на 1,4% в годовом сопоставлении, до 35 млн т. При росте добычи каменного угля на 1,7%, до 28 млн т и антрацита – на 12,5%, до 2 млн т, наблюдалось сокращение выпуска коксующегося угля на 8,6%, до 8,4 млн т, и бурого угля – на 12,2%, до 7 млн т. Добыча прочего каменного угля составила 17,7 млн т (+6,2%).

Также в отчетный период увеличился экспорт угля из России и превысил 154 млн т. Результат вырос на 2,6% в годовом сопоставлении. При этом в сентябре аналитики отмечали значительное снижение морских отправок угля на фоне сокращения закупок со стороны Индии, Китая и Турции. Однако результат одного месяца не повлиял на общий результат.

План на 2023 г. в России составляет 440 млн т угля.

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

# Обеспечение технологического суверенитета угольной отрасли в условиях долгосрочных санкций

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-16-22>



## ЦИВИЛЕВА А.Е.

Канд. экон. наук,  
председатель  
совета директоров  
АО «Колмар Групп»,  
678960, г. Нерюнгри, Россия,  
e-mail: [office@kolmar.ru](mailto:office@kolmar.ru)



## ГОЛУБЕВ С.С.

Доктор экон. наук, профессор,  
профессор кафедры  
«Управление и экономика»  
Московского государственного  
юридического университета  
имени О.Е. Кутафина,  
107023, г. Москва, Россия,  
e-mail: [sergei.golubev56@mail.ru](mailto:sergei.golubev56@mail.ru)

В статье рассматриваются проблемы обеспечения технологического суверенитета в угледобывающей отрасли в условиях долгосрочного санкционного давления стран Запада и США. Показана значительная доля импортного оборудования на угледобывающих предприятиях, что делает их уязвимыми с точки зрения обеспечения устойчивой работы в условиях санкций. Целью исследования были анализ концептуальных и методологических подходов к обеспечению технологического суверенитета угледобывающей отрасли и выбор основных стратегических инструментов обеспечения технологического суверенитета и устойчивой работы угледобывающих компаний в условиях долгосрочных санкций. Они заключаются в стратегическом и комплексном подходе к решению проблем научно-технологического развития и обеспечения производства высокотехнологичного, качественного горношахтного оборудования российскими машиностроительными предприятиями. Важными являются взаимодействие угледобывающих предприятий с производителями горношахтного оборудования, а также помощь государства в кредитовании производителей и разработке стратегии развития машиностроительной отрасли на долгосрочную перспективу. В статье предлагается концепция и функциональная модель решения проблемы технологического суверенитета. Обоснована необходимость стратегического подхода к обеспечению технологического суверенитета угледобывающих компаний в современных экономических условиях. Научная новизна работы заключается в стратегически ориентированном и комплексном подходе к поиску инструментов обеспечения технологического суверенитета в угледобывающей отрасли.

**Ключевые слова:** технологический суверенитет, угледобывающие предприятия, стратегия, санкции, устойчивая работа, комплексные целевые программы.

**Для цитирования:** Цивилева А.Е., Голубев С.С. Обеспечение технологического суверенитета угольной отрасли в условиях долгосрочных санкций // Уголь. 2023. № 11. С. 16-22. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-16-22.

## ВВЕДЕНИЕ

Угольная промышленность России насчитывает более 169 предприятий, в том числе около 50 шахт и 110 разрезов. Их производственная мощность составляет более 520 млн т



угля в год [1]. Добыча угля в России в текущем году растет, несмотря на санкции, и превышает уровень прошлого года на 2%.

В связи с санкциями, наложенными на РФ со стороны недружественных стран, произошел массовый уход поставщиков европейского и американского оборудования с российского рынка.

Подземное горношахтное оборудование компании ООО «УК «Колмар» на 89% состоит из оборудования европейских и американских производителей, при этом 60% оборудования старше трех лет. В связи с этим возникли неуправляемые риски, вызванные:

- отсутствием технической поддержки со стороны производителей оборудования, в том числе сервиса;
- отказом в поставках оригинальных запасных частей заводами-изготовителями;
- низким качеством предлагаемых аналогов запасных частей и комплектующих;
- узкой номенклатурой и нестабильным качеством запасных частей, производимых на отечественных заводах, ввиду начальной стадии развития таких производств, а также отсутствия технической и технологической документации по необходимым запасным частям;
- невозможностью проведения качественных капитальных/восстановительных ремонтов оборудования;
- высокой аварийностью и непредвиденными отказами ввиду сильного износа оборудования.

Капитальные вложения в имеющееся оборудование нецелесообразны ввиду прекращения поставок оригинальных запасных частей и низкого качества альтернативных запасных частей. В связи с этим актуальной становится задача обеспечения технологического суверенитета в угледобывающей отрасли [2].

Технологический суверенитет должен обеспечивать национальную безопасность, возможность получать энергию, доступ к средствам производства средств производства. Он обеспечивает фундаментальную устойчивость предприятиям и дополнительный эквивалент стоимости. Отсутствие технологического суверенитета – это риск и угроза [3].

Следует отметить, что ни одна страна мира не имеет полного технологического суверенитета [4, 5]. Поэтому условием обеспечения стабильности экономики в условиях неопределенности и турбулентности процессов в ближайшее время будет обеспечение технологического суверенитета [3].

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ

Исследование проводилось на основании изучения наиболее эффективных инструментов обеспечения технологического суверенитета государства, анализа их возможностей тиражирования предприятий угледобывающей отрасли России.

Понятийный аппарат проблемы обеспечения технологического суверенитета определен в Распоряжении Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р, в котором технологический суверенитет рассматривается как «наличие в стране (под национальным контролем) критических и сквозных технологий собственных линий разработки и условий производства продукции на их основе, обеспечивающих устойчивую возможность государства и общества достигать собственные национальные цели развития и реализовывать национальные интересы. Технологический суверенитет обеспечивается в следующих основных формах – исследования, разработка и внедрение критических и сквозных технологий (по установленному перечню) и производство высокотехнологичной продукции, основанное на указанных технологиях. Технологический суверенитет обеспечивается в том числе с опорой на устойчивое международное научно-техническое сотрудничество с дружественными странами» [3]. Технологический суверенитет рассматривается как часть экономического суверенитета.

При этом необходимо отметить, что под импортозамещением понимают замену проблемных импортируемых товаров, услуг и технологий на отечественные или поставками из дружественных стран, что менее предпочтительно для обеспечения технологического суверенитета.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные исследования применения угледобывающими предприятиями импортного горношахтного оборудования показали, что его доля существенна и критически влияет на устойчивую работу предприятий, особенно при проведении открытых горных работ (рис. 1) [6]. «Эта зависимость имеет тенденцию повышения. При этом для крупных угледобывающих предприятий выявлена прямая зависимость добычи угля от импортного оборудования» [7].

Это говорит о необходимости угледобывающих предприятий России двигаться по направлению обеспечения

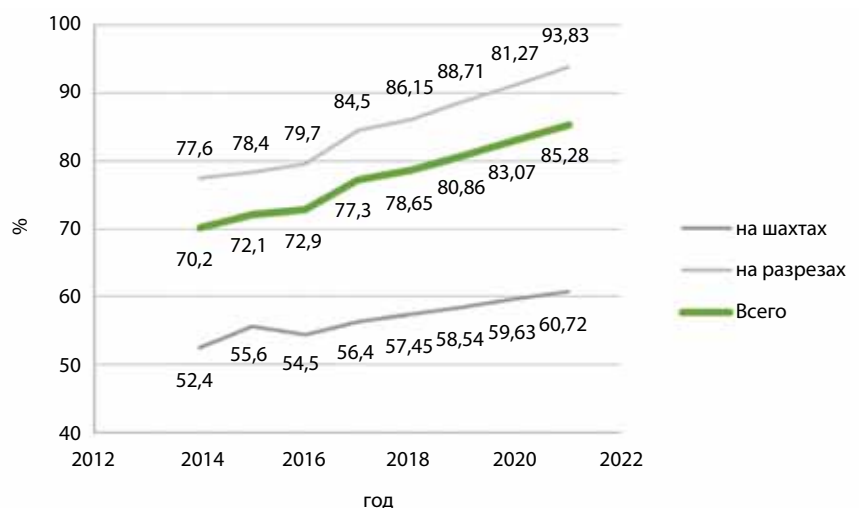


Рис. 1. Доля импортного оборудования на шахтах и разрезах России, % [9]

Fig. 1. Share of imported equipment in underground and strip mines in the Russian Federation, % [9]

технологического суверенитета отрасли, и они уже сегодня ведут активную работу в этом направлении.

В условиях санкций импортозамещение и технологический суверенитет являются критически важными моментами для обеспечения устойчивой работы угледобывающих предприятий России. Угольные компании определили номенклатуру запчастей и комплектующих, необходимых для устойчивой работы.

В этой связи на заседании комиссии Госсовета по технологическому суверенитету угольной отрасли отмечено, что «выпускаемое оборудование должно иметь коэффициент технической готовности не ниже 0,95 и стоимость владения должна соответствовать современным стандартам, сопоставимым с лучшими зарубежными образцами» [8]. Для этого необходимо использовать опыт угледобывающих компаний.

«Ответственность производителя оборудования должна быть застрахована на случай несоответствия техники гарантийным обязательствам. Поставщику оборудования для угольной промышленности необходимо соответствовать этим условиям» [9].

Гарантом устойчивого развития угледобывающей отрасли в России станет переход от импортозамещения к технологическому суверенитету. Для этого необходимо создание на территории России горношахтного оборудования, которое по основным техническим характеристикам (производительности, безопасности, экономичности, экологичности и др.) находится в паритете с зарубежными образцами.

«Минэнерго России совместно с Минпромторгом России, Российским союзом промышленников и предпринимателей и Ассоциацией «Горнопромышленники России» подготовили технические задания для машиностроительных предприятий по производству 19 тысяч наименований наиболее важного горношахтного оборудования» [8].

### ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СУВЕРЕНИТЕТА

Вопрос оценки степени достигнутого уровня технологического суверенитета и его достаточности требует своего научного решения.

Методологически необходимо ориентироваться на достижение такого уровня технологического суверенитета, при котором минимизируются риски нестабильной работы угледобывающих предприятий в условиях санкций, а затем концептуально обеспечивать его дальнейший рост, соответствующий более высоким степеням технологического развития государства. Пороговые значения этих показателей для различных периодов времени, регионов, отраслей должны быть различные.

Для оценки уровня технологического суверенитета предлагаются следующие показатели:

$C_{\text{тех}1}$  – количество отечественных технологий, используемых предприятиями по технологическому направлению, по отношению к общему числу применяемых технологий  $C_{\text{тех}0}$  по этому технологическому направлению.

$C_{\text{тех}2}$  – количество новых отечественных технологий, используемых предприятиями по технологическому на-

правлению, по отношению к общему числу применяемых технологий  $C_{\text{тех}0}$  по этому технологическому направлению. Под новыми технологиями понимаем технологии, срок введения которых не превышает 3-5 лет.

$C_{\text{тех}3}$  – отношение величины субсидий на научно-исследовательские (опытно-конструкторские) работы и производство импортозамещающей продукции к общему объему инвестиций  $C_{\text{тех}0}$  по этому технологическому направлению.

$C_{\text{тех}4}$  – отношение количества предприятий, использующих только отечественное программное обеспечение, к общему числу предприятий  $C_{\text{тех}0}$  по этому технологическому направлению.

$C_{\text{тех}5}$  – доля зарубежной продукции, доля иностранной добавленной стоимости в конечном потреблении продукции (39% 2018 г.), уровень обеспеченности отечественной продукцией.

Методика оценки уровня технологического суверенитета заключается в расчете коэффициентов технологического суверенитета по всем показателям приоритетных направлений с учетом весовых значений показателей и технологических направлений по формуле:

$$C_{\text{тех}} = \sum_{i=1}^n C_{i\text{тех}}$$

где  $C_{i\text{тех}}$  –  $i$ -показатель, характеризующий уровень технологического суверенитета.

К приоритетным направлениям повышения технологического суверенитета угольной отрасли сегодня необходимо отнести те участки добычи и переработки угля, в которых уровень локализации производства составляет менее 50%.

«Наиболее критичными в части зависимости от поставок импортного горного оборудования являются позиции, для которых доля импортного оборудования составляет более 60% от общего количества. В части подземных горных работ речь идет о механизированных крепях (70,6%), очистных комбайнах (91,8%), погрузочных машинах (62,6%) и дизелевозах (100%). В части открытых горных работ – о всей номенклатуре оборудования, за исключением одноковшовых экскаваторов» [9].

### КОНЦЕПЦИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА

Концепция построения системы управления достижением технологического суверенитета должна включать в себя подсистему управления процессами научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности. Она представлена на рис. 2.

Концептуально решение проблемы технологического суверенитета обеспечивается благодаря интенсивному научно-технологическому развитию, обеспечивающему наличие разработок мирового уровня в соответствии с приоритетами, определенными в результате формирования научно-обоснованных прогнозов с применением современных методик прогнозирования, например форсайта. Создание соответствующих научных технологических заделов обеспечит возможность



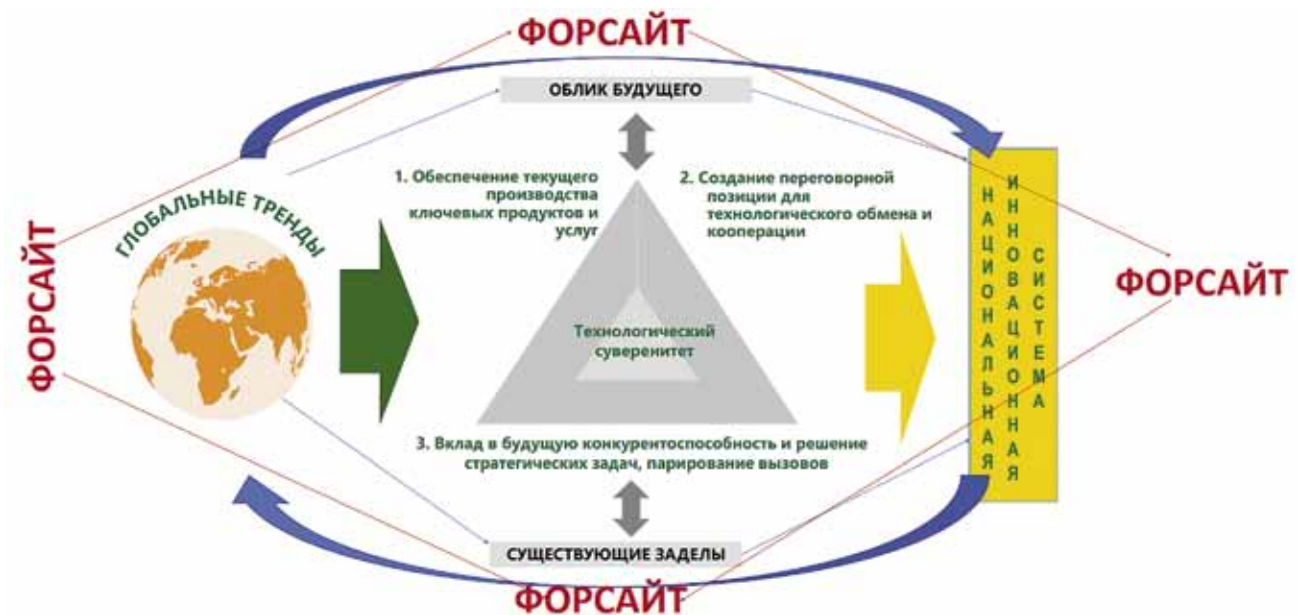


Рис. 2. Концепция решения проблемы технологического суверенитета [10]

Fig. 2. A concept to solve the problem of technological sovereignty [10]

предприятиям создавать высокотехнологичную продукцию, конкурентоспособную на мировых рынках, которая обеспечит формирование технологического суверенитета страны [11].

Функциональная модель системы управления достижением технологического суверенитета представлена на рис. 3.

Решить проблемы обеспечения технологического суверенитета смогут сами предприятия угольной промышленности, и они сегодня активно занимаются решением этой проблемы. Приведем известные примеры успешной деятельности российских предприятий по обеспечению технологического суверенитета угольной отрасли.

Так, «российское предприятие ООО «УК «ЭЛСИ» производит полевые испытания тяжелых гидравлических экскаваторов УГЭ-110 и УГЭ-300, а в следующем году планируются испытания новых гидравлических экскаваторов УГЭ-200 и УГЭ-400. Копейский машиностроительный завод поставил и обслуживает более двадцати буровых автоматизированных станков серии БАРС, созданных на основе лучших доступных технологий. Два буровых станка, разработанных НИПИГОРМАШ, и один станок, разработанный УЗТМ-КАРТЭКС, успешно прошли испытания и запущены в серийное производство. Сегодня российские предприятия производят комплектующие, которые не уступают в качестве импортным аналогам. Для вовлечения их в горнодобывающую отрасль на базе платформы «ГОРПРОМ» был создан маркетплейс, который включит в себя производителей всей отечественной номенклатуры для предприятий горной отрасли» [9].

Современным инструментом обеспечения технологического суверенитета являются комплексные научно-

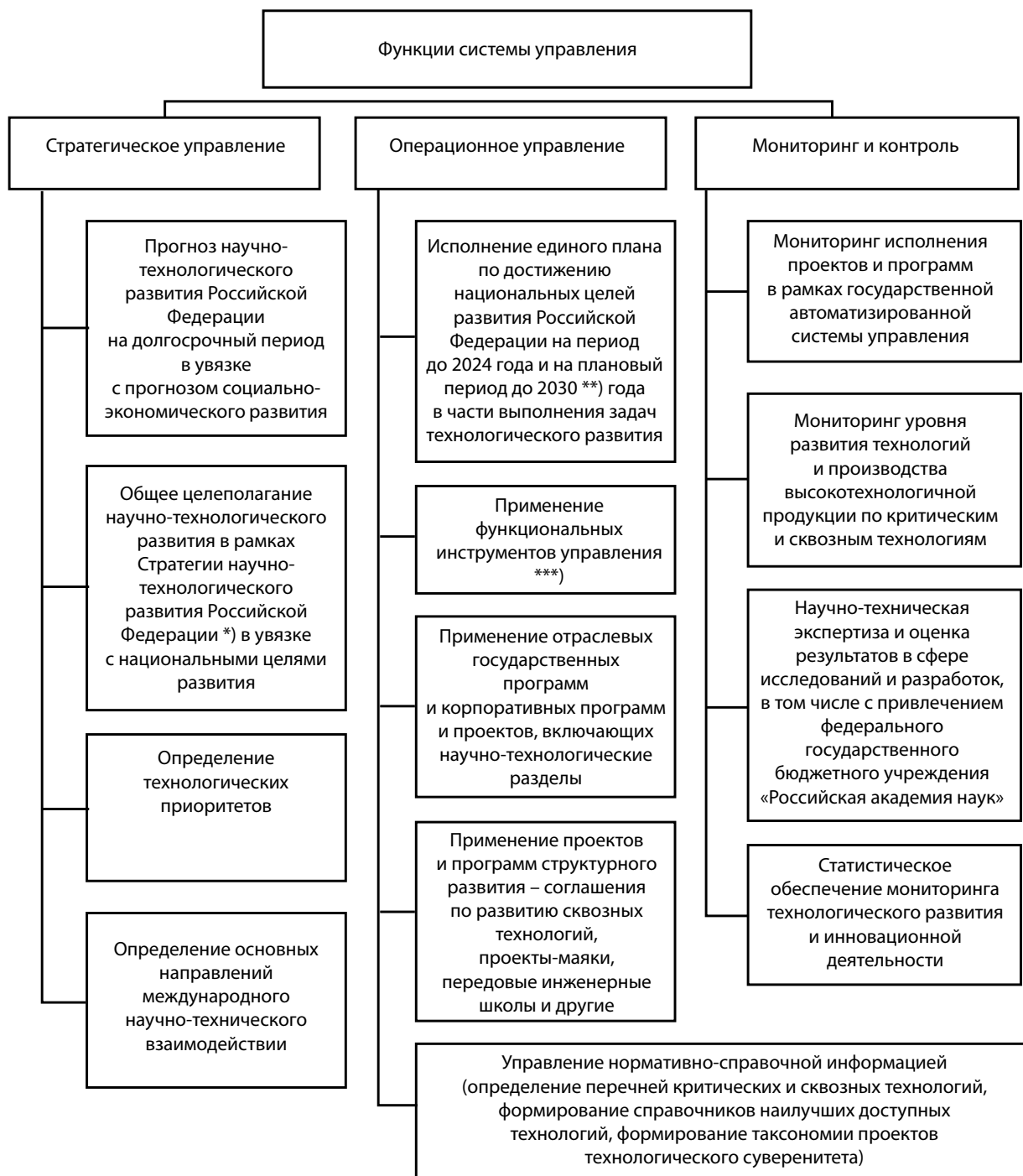
технические программы (КНТП), направленные на создание отечественного горношахтного оборудования. Их преимущество заключается в комплексном подходе к проведению исследований, производства и коммерциализации инноваций и осуществлении бюджетного финансирования работ по производству оборудования. Это, безусловно, позволит достичь высокого уровня технологического суверенитета в угледобывающей отрасли.

Основная задача предприятий угольной промышленности в части обеспечения технологического суверенитета и импортозамещения заключается в помощи производителям горношахтного оборудования, их участии в подготовке конструкторской документации, а также испытаниях нового высокотехнологического горношахтного оборудования.

Предприятия наработали номенклатуру из более 400 запасных частей и комплектующих, которые производятся для поддержания работы импортного оборудования. Со стороны государства необходима помощь при разработке межотраслевой «Стратегии развития горного машиностроения на период до 2035 года», а также обеспечении беспроцентными кредитами на разработку и производство оборудования.

Учитывая сложившуюся ситуацию, ООО «УК «Колмар» разработана стратегия планового перевооружения основного технологического горношахтного оборудования, эксплуатируемого в обществах компании в 2023-2026 гг., на аналогичное оборудование производства дружественных стран: РБ, КНР, ЮАР [11,12, 13, 14].

Для преодоления санкционных последствий специалисты компании были направлены на российские металлообрабатывающие заводы для ознакомления с техно-



\*) Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

\*\*) Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 октября 2021 г. № 2765-р.

\*\*\*) Государственные программы научно-технологического и экономического развития, программа развития цифровой экономики и др.

Рис. 3. Функции системы управления обеспечением технологического суверенитета

Fig. 3. Functions of the management system to ensure technological sovereignty



логией изготовления запасных частей и ремонта узлов и агрегатов, а также ознакомления с производственными мощностями на предмет изготовления запасных частей, альтернативных импортным.

«По итогам посещения были заключены рамочные договоры на изготовление и ремонт запасных частей с 13-тью компаниями. На сегодняшний день выполнение импортозамещения от потребности замещаемых позиций» [13] в разрезе заказано/выполнено в среднем составляет 30%.

Представители компании посетили машиностроительные заводы по производству ГШО в РФ, Республике Беларусь, КНР, ЮАР, ознакомились с условиями эксплуатации и техническими характеристиками оборудования для подтверждения возможности использования ГШО в горно-геологических условиях на шахтах ГК ООО «УК «Колмар». Ведутся переговоры о размещении заказа на изготовление ГШО.

В компании создан конструкторский отдел. За полгода работы конструкторским отделом было разработано около 150 чертежей и 3D-моделей запасных частей к импортному ГШО по заявкам структурных подразделений [13]. Также формируется единая база конструкторской документации. По чертежам ведется изготовление деталей в ООО «РПБК» и на российских металлообрабатывающих заводах.

На сегодняшний день производится дооснащение станочно-токарного парка ООО «РПБК» высокоточными станками с ЧПУ для возможности изготовления и ремонта сложных деталей к ГШО. В работу запущен станок электроэрозионный проволочно-вырезной. В текущем году ожидается поставка полуавтомата зубошлицефрезерного и установке ручной плазменной закалки. Оборудование позволит серийно изготавливать торсионные валы, шестеренчатую группу и т.д.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегическое решение проблем обеспечения устойчивой работы угледобывающих предприятий России в условиях долгосрочного санкционного давления заключается в обеспечении технологического суверенитета угледобывающей отрасли. К решению проблемы предлагается подходить комплексно и на основе стратегического видения путей обеспечения технологической независимости угледобывающей отрасли. Концепция управления формированием технологического суверенитета базируется на управлении процессами научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности, а функциональная модель управления базируется на стратегическом и оперативном управлении, а также мониторинге и контроле достигаемых результатов. Дальнейшее исследование системы управления обеспечением технологического суверенитета необходимо проводить в направлении конкретизации инструментов управления и разработки критериев и параметров оценки достигнутого уровня технологического суверенитета с учетом особенностей добычи угля.

## Список литературы

1. Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2022 года // Уголь. 2022. № 12. С. 7-21. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.
2. Чеботарев С.С., Голубев С.С. Методологические подходы к эффективной реализации стратегических программ импортозамещения // Экономические стратегии. 2017. Т. 19. № 7 (149). С. 68-72.
3. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
4. Technology sovereignty. From demand to concept / Jakob Edler, Knut Blind, Rainer Frietsch et al. // Karlsruhe. Germany. July 2020. URL: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology\\_sovereignty.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology_sovereignty.pdf) (дата обращения: 15.10.2023).
5. European Technological Sovereignty: An Emerging Framework for Policy Strategy / Francesco Crespi, Serenella Caravella, Mirko Menghini et al. // Intereconomics: Review of European Economic Policy Centre for European Policy Studies (CEPS). 2021. Vol. 56(6). P. 348-354. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10272-021-1013-6.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Шкодинский С.В., Кушнир А.М., Продченко И.А. Влияние санкций на технологический суверенитет России // Проблемы рыночной экономики. 2022. № 2. С. 75-96.
7. Цивилева А.Е. Управление развитием технологического потенциала угледобывающей компании: монография. М.: ВАШ ФОРМАТ, 2022. 224 с.
8. Афанасьев А.А. Технологический суверенитет: основные направления политики по его достижению в современной России // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 4. С. 2193-2212.
9. Импортозамещение в угольной промышленности: инструменты достижения технологического суверенитета // Глобус. 2023. URL: [https://advis.ru/php/view\\_news\\_ajax.php?id=23923232-ED92-214B-ADFC-0AB92616AF6E/](https://advis.ru/php/view_news_ajax.php?id=23923232-ED92-214B-ADFC-0AB92616AF6E/) (дата обращения: 15.10.2023).
10. Чулок А.А. Технологический суверенитет – ключ к созданию национальной инновационной системы 2.0 // Стимул. 2022. С. 15-23.
11. Ковалев С.Г. Технологическая суверенность России в новейшем мировом порядке // Философия хозяйства. 2020. № 6. С. 29-47.
12. Pasha L. Hsieh. Reassessing the Trade – Development Nexus in International Economic Law: The Paradigm Shift in Asia-Pacific Regionalism, 37 (3) Northwestern J. Int'l L. & Bus. 321, 337-41 (2017).
13. Managing the phase-out of coal a comparison of actions in G20 countries // Climate Transparency. May 2019. P. 1-27.
14. В «Колмаре» продолжается реализация стратегии по импортозамещению. INFOLine, ИА (по материалам компании). Advis.ru. 14.07.2023. URL: [https://advis.ru/php/view\\_news\\_ajax.php?id=94FF6C09-1DBA-1743-BC08-479E8223A021](https://advis.ru/php/view_news_ajax.php?id=94FF6C09-1DBA-1743-BC08-479E8223A021) (дата обращения: 15.10.2023).

Original Paper

UDC 338 (470+571):341.655 © A.E. Tsivileva, S.S. Golubev, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 16-22  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-16-22>

**Title****ENSURING TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY OF THE COAL INDUSTRY IN CONDITIONS OF LONG-TERM SANCTIONS****Authors**

Tsivileva A.E.<sup>1</sup>, Golubev S.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>“Kolmar Group” JSC, Neryungri, 678960, Russian Federation

<sup>2</sup>Kutafin Moscow State Law University, Moscow, 107023, Russian Federation

**Authors Information**

**Tsivileva A.E.**, PhD (Economic), Chairman of the Board of Directors, e-mail: [office@kolmar.ru](mailto:office@kolmar.ru)

**Golubev S.S.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Management and Economics, e-mail: [sergei.golubev56@mail.ru](mailto:sergei.golubev56@mail.ru)

**Abstract**

The article discusses the challenges of ensuring technological sovereignty in the coal mining industry under long-term sanctions imposed by the Western countries and the United States. It shows a significant share of imported equipment at coal mining companies, which makes them vulnerable in terms of ensuring sustainable operation under sanctions. The purpose of this study was to analyze the conceptual and methodological approaches to ensure technological sovereignty of the coal mining industry and the choice of the key strategic tools to secure technological sovereignty and sustainable operation of coal mining companies under long-term sanctions. They involve a strategic and integrated approach to solving the challenges of research and technological development and ensuring the production of high-quality and high-tech mining equipment by Russian machine-building companies. The interaction of coal mining companies with manufacturers of mining equipment is important, as well as the governmental support in providing loans to manufacturers and in creating a long-term development strategy for the machine-building industry. The article proposes a concept and a functional model to solve the challenge of technological sovereignty. The need of a strategic approach to ensuring the technological sovereignty of coal mining companies in modern economic conditions is justified. The scientific novelty of this work consists in a strategically oriented and comprehensive approach to finding tools that would ensure technological sovereignty of the coal mining industry.

**Keywords**

Technological sovereignty, Coal mining companies, Strategy, Sanctions, Sustainable operation, Integrated target programs.

**References**

- Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January – September, 2022. *Ugol'*, 2022, (12), pp. 7-21. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.
- Chebotarev S.S. & Golubev S.S. Methodological approaches to efficient implementation of the strategic programs for import substitution. *Ekonomicheskie strategii*, 2017, Vol. 19, (7), pp. 68-72 (In Russ.).
- Decree of the President of the Russian Federation as of 30.03.2022 No. 166 “On measures to ensure technological independence and security of the critical information infrastructure of the Russian Federation”.

4. Technology sovereignty. From demand to concept / Jakob Edler, Knut Blind, Rainer Frietsch et al. Karlsruhe, Germany, July 2020. Available at: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology\\_sovereignty.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology_sovereignty.pdf) (accessed 15.10.2023).

5. Francesco Crespi, Serenella Caravella, Mirko Menghini et al. European Technological Sovereignty: An Emerging Framework for Policy Strategy. *Intereconomics: Review of European Economic Policy Centre for European Policy Studies (CEPS)*, 2021, (56), pp. 348-354. Available at: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10272-021-1013-6.pdf> (accessed 15.10.2023).

6. Shkodinsky S.V., Kushnir A.M. & Prodcenko I.A. The effect of sanctions on Russia's technological sovereignty. *Problemy rynochnoj ekonomiki*, 2022, (2), pp. 75-96. (In Russ.).

7. Tsivileva A.E. Management of the technological potential development of a coal mining company: a monograph, Moscow, Vash Format Publ., 2022, 224 p. (In Russ.).

8. Afanasiev A.A. Technological sovereignty: the key policy directions to achieve it in contemporary Russia. *Voprosy ekonomiki*, 2022, Vol. 12, (4), pp. 2193-2212. (In Russ.).

9. Import substitution in coal industry: tools to achieve technological sovereignty. *Globus*, 2023, Available at: [https://advis.ru/php/view\\_news\\_ajax.php?id=23923232-ED92-214B-ADFC-0AB92616AF6E/](https://advis.ru/php/view_news_ajax.php?id=23923232-ED92-214B-ADFC-0AB92616AF6E/) (accessed 15.10.2023).

10. Chulok A.A. Technological sovereignty: a key to create the national innovation system 2.0. *Stimul*, 2022, p. 15-23. (In Russ.).

11. Kovalev S.G. Technological Sovereignty of the Russian Federation in the Newest World Order. *Filosofiya hozyajstva*, 2020, (6), pp. 29-47. (In Russ.).

12. Pasha L. Hsieh. Reassessing the Trade – Development Nexus in International Economic Law: The Paradigm Shift in Asia-Pacific Regionalism, 37 (3) *Northwestern J. Int'l L. & Bus.* 321, 337-41 (2017).

13. Managing the phase-out of coal a comparison of actions in G20 countries. *Climate Transparency*, May 2019, pp. 1-27.

14. Kolmar continues to implement its import substitution strategy, INFO-Line, IA (based on the company's materials). *Advis.ru*. 14.07.2023. Available at: [https://advis.ru/php/view\\_news\\_ajax.php?id=94FF6C09-1DBA-1743-BC08-479E8223A021](https://advis.ru/php/view_news_ajax.php?id=94FF6C09-1DBA-1743-BC08-479E8223A021) (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

**For citation**

Tsivileva A.E. & Golubev S.S. Ensuring technological sovereignty of the coal industry in conditions of long-term sanctions. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 16-22. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-16-22.

**Paper info**

Received August 8, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023



# Подготовка горных инженеров – содержание и качество

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-23-30>

*В сложившихся социально-политических условиях формирования содержания высшего горного образования является особенно актуальным, и ключевым вопросом является содержание той части подготовки, которая отвечает за формирование компетенций в области безопасности. Подготовка горного инженера, отвечающего ожиданиям промышленности и горной науки, должна гармонично сочетать фундаментальную, прикладную и практическую подготовку на современном производстве. Для повышения качества профессиональной подготовки будущих специалистов и сохранения преемственности научно-педагогических горных школ требуется решение ряда проблем на законодательном уровне.*

**Ключевые слова:** горное дело, безопасность горных работ, высшее горное образование, содержание и качество обучения, структура учебной программы, проблемы подготовки горных инженеров.

**Для цитирования:** Каледина Н.О. Подготовка горных инженеров – содержание и качество // Уголь. 2023. № 11. С. 23-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-23-30.



## КАЛЕДИНА Н.О.

Доктор техн. наук, профессор,  
профессор кафедры  
«Безопасность и экология  
горного производства»  
Горного института НИТУ МИСИС,  
119991, г. Москва, Россия,  
e-mail: nok52@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Внимание, которое уделяется подготовке горных инженеров в профессиональном и академическом сообществах, является главным фактором ее развития. Государство вырабатывает официальную политику, которая определяет место высшего горного образования в высшей школе и в системе инженерного образования России, но источником окончательных решений всегда были университеты и институты общественного государственного управления, например Высший горный совет, федеральные учебно-методические объединения [1, 2, 3]. Международное горное сообщество всегда занимало активную позицию в развитии высшего горного образования, обсуждая все его аспекты на самых разных площадках и в самых сложных аспектах [4, 5, 6]. Это не только академическое содержание, это и роль практической подготовки, программы университетов, роль компаний и новых технологических требований, трудоустройство выпускников [7, 8, 9].

Новые тенденции в развитии системы высшего образования страны, с одной стороны, свидетельствуют о новых целях, связанных с определением национальной идентичности, с другой стороны подтверждают правильность выбран-

ного многие годы назад пути развития российской системы подготовки горных инженеров. Нельзя не напомнить, что в начале 2000-х годов в условиях масштабного перехода на уровневую систему подготовки (бакалавр – магистр) горная общественность предложила положить в основу подготовки горных инженеров в России модель специалитета со сроком обучения 5,5 лет [10, 11]. Эта позиция была сформирована ведущими горными вузами страны и профессиональным горным сообществом, а также поддержана государством через соответствующие решения. В современных условиях именно такая модель инженерной подготовки берется за основу государственной политики во всем высшем образовании России.

Однако, решив главный вопрос о структуре системы подготовки горных инженеров, оставили нерешенными много других, не менее важных вопросов. В качестве примера можно привести проблему, связанную с системой действующих федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС ВО), последнее поколение которых фактически не включает в себя содержание образования. Дело в том, что при их разработке предполагалось, что основным источником содержания в высшем образовании станут примерные основные образовательные программы, разработанные университетами и федеральными учебно-методическими объединениями. Но после утверждения ФГОС ВО в 2021 г. неожиданно примерные основные образовательные программы в системе высшего образования были упразднены на уровне федерального закона. В этих условиях университеты получили полную свободу в формировании содержания образования. Очевидно, что ведущие научно-педагогические школы подготовки горных инженеров в стране пока успешно справляются с задачей формирования качественного содержания образования, но, тем не менее, существуют риски нарушения функционирования единого образовательного пространства, особенно в условиях разнообразия форм образовательных организаций и сокращения научно-педагогических школ (к сожалению, сегодня уже мы вынуждены говорить о нехватке преподавателей, имеющих производственный опыт и реальные знания производственных процессов). Именно поэтому вопрос о формировании содержания высшего горного образования сейчас является особенно актуальным, а ключевым вопросом при этом становится содержание той части подготовки, которая отвечает за формирование компетенций в области безопасности.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Горное дело, особенно подземная разработка, – одна из сложнейших сфер деятельности человека, требующая особых знаний, так же как освоение космического или подводного пространства. Эти сферы роднит то, что человеку приходится действовать в условиях высокой неопределенности информации об окружающей среде, не предназначенной для его существования. О своей планете мы знаем, конечно, больше, чем о космосе, поскольку добычей полезных ископаемых занимаемся уже не первое тысячелетие. Но, тем не менее, не только строение Земли, но и земной коры пока изучено очень слабо.

И, несмотря на это, горняки извлекают из недр минеральное сырье, так необходимое для прогресса человечества, все в больших масштабах.

Сегодня к нашим услугам мощная, надежная техника, современные геофизические приборы, все достижения горной науки, но аварийные ситуации на горных предприятиях происходят по-прежнему, и если частота их неуклонно снижается, то тяжесть последствий растет. И это является одной из причин падения престижа профессии. Значимость ее для нашей материальной цивилизации не уменьшается, скорее, наоборот, а вот привлекательность существенно ниже менее опасных или виртуальных сфер деятельности. Такая ситуация приводит к оттоку молодежи из отрасли, намечается тенденция падения общего уровня профессиональной подготовки горных инженеров. Не-профессионализм менеджмента на предприятиях отрасли оборачивается серьезными нарушениями технологических канонов, приводящими к катастрофическим авариям.

Сложившаяся ситуация свидетельствует о крайней необходимости пересмотра подходов к горному образованию. В России изначально оно считалось элитным, горные инженеры были наиболее образованной частью технической интеллигенции, им доверялось руководство любыми инженерными работами, вплоть до строительства мостов. Сегодня, с узкопрофильной специализацией технической подготовки об этом забыли. Но законы природы не изменились, горный инженер по-прежнему должен быть универсальным специалистом, только тогда он сможет **правильно, т.е. в соответствии с законами природы, строить стратегию развития горных работ**. Что же такого особенного в горных работах, почему здесь не место непрофессионалам?

### ПРОЦЕССЫ, ИНИЦИИРУЕМЫЕ В ГОРНОМ МАССИВЕ

Горные работы – деятельность человека в горном массиве, в земной коре. Сегодня эти работы ведутся на глубинах более 3000 м. Открытым способом добывают полезные ископаемые на глубинах более 800 м. Вся эта толща оказывает давление на все, что сооружает человек внутри массива, в соответствии с законами гравитации. Проводя горные выработки и добывая руду или уголь, люди создают огромные выработанные пространства, прочностные свойства которых отличаются от свойств нетронутого массива, меняются его пористость и проницаемость – значит, изменяются режимы фильтрации подземных вод и миграции газов, в том числе токсичных или агрессивных. Все эти потоки флюидов будут стремиться заполнить пустоты, т.е. именно те горные выработки, которые горняки проводят для осуществления добычи необходимых минералов, те, в которых работают люди и техника. И для того, чтобы иметь возможность добывать полезные ископаемые, необходимо, в первую очередь, уметь защищать свое рабочее пространство от взаимодействующих природных факторов – геомеханических, гидрологических и газодинамических (см. рисунок).

Весь этот «клубок» физических процессов взаимосвязан: перераспределение напряжений в массиве при создании в нем полостей в процессе ведения горных работ приводит к изменению фильтрационных свойств массива, что запускает фильтрацию подземных вод, стремящих-



ся заполнить пустоты, соответственно, перераспределяются гидрологические параметры в массиве. Разгрузка от горного давления, повышение трещиноватости приводят к изменению пористости и газовой проницаемости, интенсифицируют десорбцию газов из массива, а также фильтрационные течения газозвудушных смесей через разгруженные породы. Интенсивность протекания всех этих процессов зависит, при прочих равных условиях, от интенсивности разрушения массива, т.е. от скорости подвигания очистных и проходческих забоев. Таким образом, через производительность замыкается обратная связь реакций массива.

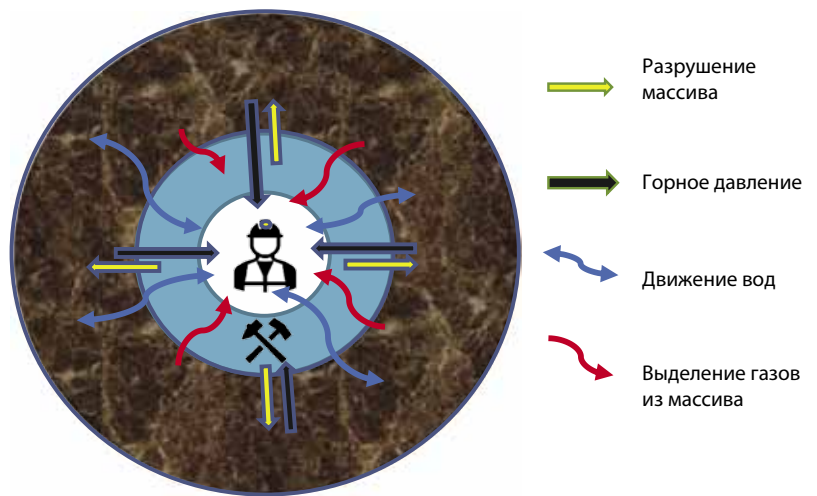
Вся история развития горных технологий – постепенное восхождение от полной незащищенности ко все более и более безопасным способам и средствам добычи. Безопасность – главный критерий совершенства технологии, это не просто критерий, а необходимое свойство современной горной технологии.

Статистика аварийности сегодня говорит о том, что отказы техники происходят только в 5% случаев, все остальное – ошибки человека в организации производства горных работ, т.е. отсутствие знаний тех закономерностей поведения горного массива, под которые во все времена человек подстраивался, а не наоборот. Природа живет по своим законам, нравятся они нам или нет, поэтому мы должны их изучать и прогнозировать поведение массива, планируя свои работы так, чтобы свести к минимуму риски опасных проявлений природных факторов.

Когда некоторые руководители заявляют, что «причина аварии – природный фактор», это все равно, что сообщить: «масло масляное», т.к. горные работы сами по себе и есть природно-техногенный фактор, они вписаны в горный массив, они взаимодействуют с ним как часть его структуры. И чтобы отстроить это взаимодействие надежным образом, нужны обширные знания.

### **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ПОДГОТОВКИ**

Подготовка горных инженеров в российской научно-педагогической школе считается в мире одной из наиболее эффективных, многие горнодобывающие страны взяли этот опыт за основу. Главная особенность русской горной школы – основательная фундаментальная подготовка в области естественных наук – математики, начертательной геометрии, механики, гидравлики (последняя обеспечивает не только знание закономерностей природных течений подземных вод, но и принципов работы гидравлического оборудования, широко используемого в горном деле) и, конечно же, геологии как основы, определяющей свойства объекта профессиональной деятельности. Сегодня к этому блоку добавились теория горения и взрыва (в связи с наличием значительных количеств горючих примесей в рудничной атмосфере – газов, пылевых



*Процессы, инициируемые в горном массиве при ведении горных работ  
Processes initiated in the rock mass during mining operations*

аэрозолей, – необходимо знать условия их воспламенения и взрыва), а также информатика. Часто высказываются мнения, что горному инженеру такая подготовка не нужна, в своей современной деятельности он не использует эти знания. Возможно, в повседневной производственной деятельности и не использует, но для понимания профессиональных дисциплин, связанных уже непосредственно с производственными процессами, осуществляемыми в горном массиве, они необходимы.

Горный массив имеет сложную и существенно неоднородную структуру. Данные геологической и геофизической разведки пока еще не позволяют детально прогнозировать его структуру, тектонику, литологию, состав пород, их прочностные и фильтрационные свойства и другие признаки, важные с точки зрения строительства и эксплуатации горных выработок. Поэтому при планировании развития горных работ всегда есть элемент неопределенности, непредсказуемости характера деформаций массива в процессе его разгрузки и разрушения (при добыче). И горный инженер обязан быть готовым принять решение в условиях неопределенности и ограниченного времени.

Конечно, сегодня к нашим услугам – современные математические методы, компьютерное моделирование, позволяющее строить модели месторождений с высокой точностью прогноза. Однако эта точность высока по сравнению с ручными расчетами, но очень отстает от интуитивных, эвристических решений, которые может практически мгновенно «выдать» подготовленный, т.е. хорошо обученный человеческий мозг. В компьютерную модель закладываются данные, полученные точно, натурными измерениями и исследованиями, – для последующей математической обработки. А человек, хорошо понимающий и легко представляющий себе физические процессы, протекающие в горном массиве при ведении горных работ, видит всю систему взаимодействий, даже тех, которые невозможно ввести в модель (к сожалению, они все имеют свои ограничения). Поэтому в критических ситуациях грамотный инженер может действовать более эффективно, чем искусственный интеллект.

Этому способствует также тот факт – или особенность горного дела – что горная наука всегда идет следом за практикой, за производством, она изучает и объясняет вновь открывающиеся факты и закономерности, но не может предвидеть принципиально новые. Она сопровождает горные работы. Наука позволяет проанализировать и обобщить проявившиеся явления, изучить характер и механизм взаимодействий технологий с горным массивом, выявить наиболее рациональные параметры применяемых технологий, даже предложить новые принципы воздействия на массив и новые типы технологий. Но все эти гипотезы могут быть проверены только экспериментально – на практике, только после всестороннего изучения реакций массива. То есть горняки – всегда первооткрыватели. И именно поэтому они должны иметь подготовку «на все случаи жизни», позволяющую горному инженеру в своей деятельности уверенно проявлять профессиональное творчество [12, 13, 14].

И отсюда понятно, почему так необходимо научное сопровождение горных работ: для того, чтобы не вслепую экспериментировать, как сотни лет назад, а с использованием всего арсенала современных научных методов и информационных технологий. Как ни парадоксально, но именно в горном деле задолго до провозглашения эры цифровизации начали широко применяться информационные технологии – с появлением первых компьютеров их практически сразу же стали использовать для вентиляционных расчетов (первые программы расчета вентиляционных сетей в СССР появились в 1970-х годах), подсчета запасов и планирования последовательности их выемки.

### **СТРУКТУРА ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН**

На базе естественно-научного блока образовательных дисциплин уже возможно изучение общепрофессиональных, к которым относятся:

- горная графика: эта дисциплина, крайне необходимая для подготовки горного инженера, но сегодня незаслуженно исключаемая из учебных планов; горная графика базируется на законах черчения и начертательной геометрии, она развивает пространственное мышление и воображение, что очень важно для визуализации сложных пространственных структур подземных предприятий; без этого невозможно проектировать горные объекты, их коммуникации;

- маркшейдерия и геодезия (как высшая геометрия, дающая возможность ориентироваться в подземном пространстве и проводить выработки в соответствии с заданными координатами, в нужную точку);

- геомеханика – это важнейшая для горняка дисциплина, формирующая умение определять условия сохранения устойчивости горных выработок в массиве при строительстве и эксплуатации как открытых, так и подземных горных предприятий, в основе таких расчетов лежат законы теоретической механики и сопромата с учетом специфических особенностей поведения массива как физического твердого тела;

- физика горных пород – без знания свойств горных пород невозможны расчеты геомеханической безопасности,

именно их свойства и определяют напряжения в массиве и закономерности его деформаций при ведении горных работ;

- основы горного дела (терминология, типовые приемы и технологии разработки месторождений различных видов);

- технологии и безопасность взрывных работ – как один из видов технологии добычи (разрушения массива) при разработке месторождений твердых полезных ископаемых;

- горные машины и оборудование (принцип действия, схема устройства, область применения, эффективность, надежность);

- обогащение полезных ископаемых (требования к качеству добываемого сырья);

- горнопромышленная экология – сегодня масштабы деформаций земной коры в результате разработки месторождений настолько интенсивны, что нельзя упускать из виду и те нарушения в окружающей природной среде, которые следуют из нарушения исходной структуры горного массива, т.е. планируя горные работы, необходимо понимать, как они отзовутся в природной среде и как можно минимизировать причиняемый ей ущерб.

Особое место в общепрофессиональных дисциплинах занимает блок дисциплин по безопасности горных работ:

- аэрология горных предприятий;
- безопасность ведения горных работ;
- горноспасательное дело.

На роли этих дисциплин следует остановиться отдельно.

### **ДИСЦИПЛИНЫ БЛОКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (БТБ)**

Опыт преподавания дисциплин этого блока и особенно 20-летний опыт выпуска горных инженеров по безопасности технологических процессов в горной промышленности показывает, что именно при изучении этих дисциплин студенты приобретают навыки системного видения горного предприятия. Только в этих дисциплинах производственные процессы рассматриваются в их синергетическом взаимодействии с производственной средой – как техногенной, так и природной (см. таблицу).

В отношении специалистов, уже работающих на производстве, нельзя не отметить роль дополнительного профессионального образования, включая бизнес-образование, обеспечивающее повышение уровня и формирование новых компетенций у современных горных инженеров на протяжении всей их профессиональной деятельности [17, 18]. В этом плане сейчас требуется усиление роли государства для введения обязательных норм, связанных с необходимостью повышения квалификации действующих горных инженеров, не менее 140 часов каждые три года, из которых не менее 30% – вопросы промышленной безопасности.

Очевидно, что в современных условиях, которые характеризуются наличием большого объема открытой профессиональной информации, необходимостью взаимодействия с большими информационными и образовательными платформами, меняется роль преподавателя. Экспертная и консультативная поддержка, постоянный

**Синергетическая сущность дисциплин БТБ**

The synergy character of the Biotechnology and Technosphere Safety subjects

Наименование дисциплины	Взаимодействия с производственной средой горного предприятия		
	Природной	Техногенной	
Аэрология горных предприятий	Аэрогазотермо-динамические процессы в массиве, процессы самовозгорания	Горные выработки (трение), схема вентиляции, способ управления газо- и пылевыведением. Вентиляционное оборудование. Вентиляционные сооружения. Электромеханическое оборудование.	
Безопасность ведения горных работ	Геодинамические процессы Гидродинамические процессы Термодинамические процессы	Схема вскрытия и подготовки, система разработки и направление выемки, порядок отработки пластов и выемочных столбов, способ выемки. Система вентиляции и управления газо- и пылевыведением.	В штатных режимах
Горноспасательное дело	Аэрогазодинамические процессы Процессы горения и взрыва	Система транспорта. Горное электро- механическое оборудование	В чрезвычайных ситуациях

мониторинг и рецензирование открытых информационных ресурсов, развитие проектного обучения на основе реальных производственных задач и, конечно, поиск новых способов интерактивного взаимодействия со студентами – это основные направления деятельности педагога в современном учебном процессе. В этом контексте нагрузка на преподавателя значительно увеличивается, что требует особого отношения к распределению ресурсов в высшей школе.

**ПРОБЛЕМЫ, ТРЕБУЮЩИЕ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ РЕШЕНИЙ**

Все вышесказанное свидетельствует о том, что бакалаврский уровень подготовки не способен обеспечить необходимое качество обучения (в том числе и из-за недостаточного объема производственной практики). Причем эта ступень не прижилась не только в горном деле, но и в других промышленных отраслях, поэтому принятые сегодня решения по сохранению бакалавриата и магистратуры для технического образования представляются нецелесообразными, здесь более адекватными являются уровни специалитет-аспирантура. Но и сегодня, когда возвращается понимание, что вузы должны готовить кадры для промышленности, а не просто оказывать образовательные услуги, в намеченных мерах по совершенствованию системы высшего образования фактически изменений в уровнях образования не предусмотрено.

Для полноценного обучения так необходимых нашей стране новых горных инженеров общепрофессиональные знания необходимо дополнять качественной практической подготовкой. Это возможно только в том случае, если студенты трудоустраиваются на время производственной практики, вливаются в трудовой коллектив, несут ответственность за выполнение производственных заданий. Только так могут быть получены реальные профессиональные навыки и ожидаемые компетенции. Но при существующих учебных графиках производственная практика «размазана» на четыре года по четыре недели, одна из которых каждый раз уходит на прохождение обучения и инструктажей по безопасности труда на данном предприятии. И это одна из причин, почему сегодня производ-

ственники неохотно принимают студентов на рабочие места: за вычетом времени на проезд и обучение остается менее трех рабочих недель. А если студент желает поработать во время каникул, то даты билетов на проезд не совпадут со сроками практики по приказу, и проезд ему не будет оплачен. Для решения этой проблемы можно было бы вернуться к забытому советскому опыту, когда в учебном плане предусматривался целый семестр, в течение которого студенты набирались производственного опыта, после чего уже выходили на дипломирование.

В программной статье по стратегии совершенствования подготовки специалистов с высшим техническим образованием [19] ректор Санкт-Петербургского Горного университета справедливо отмечает: «Для более полного учета интересов отраслей национальной экономики в процессе обучения студентов проводить специализацию их подготовки следует с участием профессиональных сообществ рынка труда». К сожалению, профессиональные сообщества на сегодняшний день слабо информированы о тех изменениях, которые происходят в высшем профессиональном образовании и не всегда готовы принимать участие в практической подготовке студентов, если не уверены, что они впоследствии придут к ним на работу. Для того, чтобы они активно участвовали в подготовке кадров, необходимо на законодательном уровне предусмотреть либо закрепление выпускников в отрасли (аналог распределения), либо ввести финансовые льготы за организацию производственной практики на предприятиях.

В последние годы регулярная смена образовательных стандартов и полная свобода вузов в выборе специальностей и специализаций привели к тому, что учебные планы успевают устареть чуть ли не через год после их утверждения, а самое главное – могут быть утеряны востребованные традиционные профессии. Конечно, вузы обязаны соответствовать потребностям отраслей экономики [19] и обновлять свои образовательные программы, шагая в ногу с основными тенденциями развития науки и техники. Но опыт последних лет показал, что такая «лихорадка» в учебных планах отрицательно сказывается на содержании и качестве обучения. Для обновления программ и профилей вполне достаточно иметь 25-30% дисциплин по вы-



бору, за счет которых можно сделать акцент на профиле подготовки. А номенклатуру основных специальностей, которые востребованы промышленными отраслями, следует сохранять, обеспечивая гибкость образовательных программ за счет новых специализаций в рамках основной специальности. Причем специализация должна начинаться на 5-6 курсах, т.е. сменяемость этих профилей может быть достаточно быстрой, что позволит своевременно удовлетворять запросы экономики.

Однако при том порядке финансирования, который установлен действующим законом об образовании, когда фонд зарплаты преподавателей (ФЗП) формируется за счет адресной подушевой субсидии, т.е. количество преподавателей в вузе зависит от успеваемости студентов, обеспечить высокое качество подготовки невозможно, т.к. в этих условиях у большинства студентов нет мотивации к овладению знаниями. Они знают, что их не отчислят, чтобы не сокращать финансирование вуза и поддерживать хотя бы минимально необходимый штат преподавателей. Ведь количество необходимых учебных дисциплин не зависит от числа студентов, и вне зависимости от количества их в группе те, кто пришел постигать профессию, должны получить весь объем знаний, предусмотренных образовательной программой. А преподавателей и так уже не хватает, особенно в регионах – во многих вузах увеличивают долю самостоятельной работы студентов дневного обучения, зачастую один преподаватель вынужден вести 3-5 дисциплин, что исключает высокое качество подготовки. Главная особенность и ценность высшей инженерной школы в том, что каждую дисциплину ведет профессионал, для которого данная наука – его узкая специализация, благодаря чему он может «погрузить» студента в ее нюансы. В противном случае мы получаем дилетантский уровень подготовки, что и наблюдаем сегодня повсеместно.

Поскольку к преподавателю в современных условиях предъявляются более высокие требования, то и подготовка кадров для вуза не может ограничиваться только теоретическими знаниями, получаемыми в аспирантуре, необходим и производственный опыт – хотя бы в форме практик с трудоустройством и стажировок в период аспирантуры – мотивация к преподавательскому труду как в среде молодых исследователей, так и среди производственников с учеными степенями очень низкая. И это может стать одной из главных проблем горных вузов в ближайшее время.

Штат преподавателей должен укомплектовываться и финансироваться по объему и содержанию учебной нагрузки в соответствии с учебным планом специальности, а не зависеть от фонда оплаты труда, определяемого исходя из численности студентов. Для этого ту часть финансирования, которая идет на оплату труда преподавателей, а также развитие лабораторной базы, необходимой для подготовки инженеров, – следует вывести из объема государственной подушевой субсидии. В этой связи представляется необходимым скорректировать действующий закон об образовании в части порядка финансирования в отношении инженерной подготовки (а также, возможно, и других отраслей, жизненно важных для существования и развития нации, – медицинских специальностей, например).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из вышеизложенного сформулированы следующие выводы.

1. Выверенная дисциплинарная структура и качественное содержание высшего горного образования обеспечат единство национального образовательного пространства системы подготовки горных инженеров в России.

2. Профессиональные компетенции подготовки горных инженеров, связанные с обеспечением технологической безопасности горных производств, играют ведущую роль в формировании самой квалификации «горный инженер». Поддержание этих компетенций у современных горных инженеров в условиях ускорения технического прогресса в отрасли требуется на протяжении всей их профессиональной деятельности, что свидетельствует о необходимости периодического (не реже, чем раз в три года) повышения квалификации.

3. Гармоничная связь между фундаментальной и прикладной, а также практической подготовкой горного инженера на современном производстве является основой для обеспечения качественного формирования корпуса горных инженеров страны. Создание такой основы требует изменения порядка организации производственной практики путем введения отдельного семестра для приобретения производственного опыта.

4. Для обеспечения высокого качества профессиональной подготовки будущих специалистов и сохранения преемственности научно-педагогических школ требуется корректировка закона о высшем образовании в части порядка финансирования вузов с целью обеспечения, во-первых, конкурентности студентов и мотивации к получению качественной подготовки с их стороны, а во-вторых, возможностей профессионального развития со стороны профессорско-преподавательского состава с обязательными оплачиваемыми стажировками на производстве.

## Список литературы

1. Казанин О.И., Дребенштетт К. Горное образование в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы // Записки Горного института. 2017;225:369-375. <https://doi.org/10.18454/pmi.2017.3.369>.
2. Puchkov L.A., Petrov V. L. The system of higher mining education in Russia // Eurasian Mining. 2017;(2):57-60. <https://doi.org/10.17580/em.2017.02.14>.
3. Петров В.Л. Аналитический обзор системы подготовки горных инженеров в России // Горные науки и технологии. 2022;7(3):240-259. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-3-240-259>.
4. A Critical Moment. The supply and demand of mining, metallurgical and geotechnical engineers in the Australian resources industry. AusIMM report, 2021. 15 p.
5. Armstrong J. Mine management failure mechanisms – a geotechnical perspective. AusIMM Bulletin. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ausimm.com/bulletin/bulletin-articles/mine-management-failure-mechanisms--a-geotechnical-perspective/> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Phillips H.R. Mining education in South Africa – past, present and future // Journal of Mines, Metals and Fuels. 1998;46(11):412-418.
7. Vercheba A.A. Personnel training for the mining and geological sector of Russia // Mining Science and Technology (Russia). 2021;6(2):144-153. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-2-144-153>.

8. Верчеба А.А., Макаров В.А. Прикладная геология – базовое направление подготовки кадров горно-геологической отрасли // Горные науки и технологии. 2023;8(2):183–190. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2023-01-71>.
9. Kazanin O.I., Sergeev I.B. Training of a Modern Mining Engineer: Challenges of Universities and Professional Communities // Mining magazine. 2017;(10):75-80. <https://doi.org/10.17580/gzh.2017.10.16>.
10. Пучков Л.А., Петров В.Л. Высшее горное образование России в условиях реформирования образовательной системы // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2005. № 2. С. 107-116.
11. Черникова А.А., Петров В.Л. Подготовка горных инженеров в российских университетах исследовательского типа // Горный журнал. 2015. № 8. С.103-106. <https://doi.org/10.17580/gzh.2015.08.22>.
12. Аренс В.Ж. Горный инженер – это перспективно. М.: Изд. дом МИСИС, 2017. 24 с.
13. Аренс В.Ж. Чему и как учить современных горных инженеров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. Вып. 1. С. 90-94.
14. Копылов А. Б. Техническое и горное образование в России. Вчера, сегодня. Завтра? Цифры и факты / Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сб. науч. тр. 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т. 2. Минск: БНТУ, 2013. С. 469-485.
15. Вавенков М.В. VR/AR-технологии и подготовка кадров для горной промышленности // Горные науки и технологии. 2022;7(2):180-187. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-2-180-187>.
16. A decision matrix for implementing AR, 360° and VR experiences into mining engineering education / L.M. Daling, S. Khodaei, S. Thurner et al. // Communications in Computer and Information Science. 2021;1420:225-232. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-78642-7-30>.
17. Mitchell P. Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2022. 2021. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ey.com/en\\_gl/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022](https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022) (дата обращения: 15.10.2023).
18. Пономарев В.П., Пучков А.Л. Общие задачи проектов по программе ДВА НИТУ МИСИС // Уголь. 2023. № 7. С. 25-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-25-30.
19. Литвиненко В.С. Стратегия методологического обеспечения по коренному улучшению качества подготовки и использования специалистов с высшим техническим образованием. <https://spmi.ru/strategiya-podgotovki-specialistov>.

## STAFF ISSUES

## Original Paper

UDC 622.864:378.016.147 © N.O. Kaledina, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 23-30  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-23-30>

## Title

## TRAINING OF MINING ENGINEERS: CONTENT AND QUALITY

## Authors

Kaledina N.O.<sup>1</sup>

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

## Authors Information

**Kaledina N.O.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Safety and Ecology of mining, Mining Institute, e-mail: [nok52@mail.ru](mailto:nok52@mail.ru)

## Abstract

In the current socio-political conditions, the formation of the content of higher mining education is particularly relevant, and the key area is the content of that part of training that is responsible for the formation of competencies in the field of safety. The training of a mining engineer that meets the expectations of industry and mining science must harmoniously combine fundamental, applied and practical training in modern production. To improve the quality of professional training of future specialists and ensure the continuity of scientific and pedagogical mining schools, it is necessary to solve a number of problems at the legislative level.

## Keywords

Mining, Mining safety, Higher mining education, Content and quality of education, Curriculum structure, Problems of mining engineers training.

## References

1. Kazanin O.I. & Drebenshtedt K. Mining education in the 21st century: global challenges and prospects. *Notes of the Mining Institute*, 2017;225:369-375. (In Russ.).
2. Puchkov L.A. & Petrov V.L. The system of higher mining education in Russia. *Eurasian Mining*, 2017;(2):57-60. <https://doi.org/10.17580/em.2017.02.14>.
3. Petrov V.L. Analytical review of the training system for mining engineers in Russia. *Mining sciences and technologies*, 2022;7(3):240-259. (In Russ.).
4. A Critical Moment. The supply and demand of mining, metallurgical and geotechnical engineers in the Australian resources industry. AusIMM report, 2021, 15p.
5. Armstrong J. Mine management failure mechanisms – a geotechnical perspective. *AusIMM Bulletin*, 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://www.ausimm.com/bulletin/bulletin-articles/mine-management-failure-mechanisms--a-geotechnical-perspective/> (accessed 15.10.2023).
6. Phillips H.R. Mining education in South Africa – past, present and future. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 1998;46(11):412-418.
7. Vercheba A.A. Personnel training for the mining and geological sector of Russia. *Mining Science and Technology (Russia)*, 2021;6(2):144-153. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-2-144-153>.
8. Vercheba A.A. & Makarov V.A. Applied geology is the basic direction of personnel training in the mining and geological industry. *Mining sciences and technologies*, 2023;8(2):183-190. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2023-01-71>. (In Russ.).
9. Kazanin O.I. & Sergeev I.B. Training of a Modern Mining Engineer: Challenges of Universities and Professional Communities. *Mining magazine*, 2017;(10):75-80. <https://doi.org/10.17580/gzh.2017.10.16>.
10. Puchkov L.A. & Petrov V.L. Higher mining education in Russia in the context of reforming the educational system / News of higher educational institutions. *Mining magazine*, 2005, (2), pp.107-116. (In Russ.).
11. Chernikova A.A. & Petrov V.L. Training of mining engineers in Russian universities of research type. *Mining magazine*. 2015;(8):103-106. <https://doi.org/10.17580/gzh.2015.08.22>. (In Russ.).
12. Ahrens V.Zh. Mining engineer is promising. Moscow, Ed. House of MISIS Publ., 2017, 24 p. (In Russ.).

13. Arens V.Zh. What and how to teach modern mining engineers. *Mining information and analytical bulletin*, 2009;(1): p. 90-94. (In Russ.).
14. Kopylov A.B. Technical and mining education in Russia. Yesterday Today. Tomorrow? Figures and facts. Socio-economic and environmental problems of the mining industry, construction and energy: Sat. scientific Tr. 9th International Conference on the Problems of Mining, Construction and Energy: in 2 vols. Vol. 2. Minsk, BNTU, 2013, pp.469-485. (In Russ.).
15. Vavenkov M.V. VR/AR technologies and training for the mining industry. *Mining sciences and technologies*, 2022;7(2):180-187. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-2-180-187>. (In Russ.).
16. Daling L.M., Khodaei S., Thurner S. et al. A decision matrix for implementing AR, 360° and VR experiences into mining engineering education. *Communications in Computer and Information Science*, 2021; 1420:225-232. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-78642-7-30>.
17. Mitchell P. Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2022, 2021. [Electronic resource]. Available at: [https://www.ey.com/en\\_gl/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022](https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022) (accessed 15.10.2023).

18. Ponomarev V.P. & Puchkov A.L. General objectives of projects under the DBA program of the NUST MISIS. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 25-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-25-30.
19. Litvinenko V.S. Methodological support strategy for radical improvement of the quality of training and use of specialists with higher technical education. <https://spmi.ru/strategiya-podgotovki-specialistov>. (In Russ.).

**For citation**

Kaledina N.O. Training of mining engineers: content and quality. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 23-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-23-30.

**Paper info**

Received August 31, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

Оригинальная статья

УДК 658.386:622.867 © С.С. Кобылкин, В.А. Руденко, 2023

## Подготовка кадров в области горноспасательного дела

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-30-42>

**КОБЫЛКИН С.С.**

Доктор техн. наук, профессор  
кафедры «Безопасность  
и экология горного производства»  
Горного института НИТУ МИСИС,  
119991, г. Москва, Россия,  
e-mail: [kobylkin.s@misis.ru](mailto:kobylkin.s@misis.ru)

**РУДЕНКО В.А.**

Первый заместитель генерального  
директора по оперативно-технической  
работе ФГУП «ВГСЧ»,  
115193, г. Москва, Россия,  
e-mail: [rescue@vgsch.ru](mailto:rescue@vgsch.ru)

Ведение горных работ связано с большими рисками возникновения аварий. Для сохранения жизни и здоровья горнорабочих, минимизации ущерба от чрезвычайных ситуаций в России работают Военизированные горноспасательные части (ВГСЧ), и на горных предприятиях создаются вспомогательные горноспасательные команды (ВГК). Подготовка специалистов по вопросам горноспасательного дела начинается в учебных организациях среднего и высшего образования. В данной статье приводятся сведения о текущем состоянии подготовки специалистов в высших и среднеспециальных учебных организациях в области горноспасательного дела. Приведенная статистика по контингенту обучающихся, горным вузам и техникумам (колледжам) позволяет понять необходимый вектор развития учебно-методических программ. Проведенная исследовательская работа позволит руководителям горных предприятий понять проблемы, с которыми они могут столкнуться при подготовке к аварийно-спасательным работам. Разработанная классификация вузов, занимающихся подготовкой горных инженеров, позволяет понять основные проблемы в учебных организациях в области нехватки кадров и уровня их подготовки. Это позволит в свою очередь скорректировать государственную политику в области развития кадрового потенциала горнодобывающей отрасли.

**Ключевые слова:** горноспасательное дело, шахтер, безопасность, шахта, образование, университет, колледж.

**Для цитирования:** Кобылкин С.С., Руденко В.А. Подготовка кадров в области горноспасательного дела // Уголь. 2023. № 11. С. 30-42. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-30-42.



**ВВЕДЕНИЕ**

Безопасность ведения горных работ является основой существования и эффективного функционирования предприятий. Базовые знания в области защиты здоровья и жизни работников преподаются в образовательных учреждениях высшего образования (ВО): университеты, институты и среднего профессионального образования (СПО): колледжи, техникумы, корпоративные учебные центры и т.п., а также в рамках системы профессионального обучения (СПО и корпоративные учебные центры).

В этих учреждениях будущие специалисты и горнорабочие получают основные знания и умения по видам возможных аварий на горных предприятиях (первичные признаки аварий, условия и ход их развития), навыки действий в случае чрезвычайной ситуации (работы с огнетушителями, пожарными пиками, первой помощи и т.д.), учатся навыкам работы с приборами контроля, с нормативной и технической документацией, со средствами индивидуальной защиты (самоспасатели, респираторы, страховочные пояса, специальная одежда и т.п.), проводят инженерные расчеты. От того, как и в каком объеме студенты получают эти знания, зависят их жизнь и здоровье, а также жизни их коллег. Более углубленно подготовку в области горноспасательного дела проходят горноспасатели [1] и члены вспомогательных горноспасательных команд. Для понимания текущей ситуации по готовности горных предприятий к противоаварийным ме-

роприятиям нужен всесторонний анализ обучения всех вышеперечисленных групп специалистов. Это позволит совершенствовать существующую систему подготовки горных инженеров [2], специалистов среднего звена и рабочих (горнорабочих).

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ГОРНОСПАСАТЕЛЕЙ**

Система подготовки горноспасателей представлена на рис. 1. В горноспасатели приходят люди с базой знаний, полученной в учебных заведениях и, в некоторых случаях, на горных предприятиях в рамках корпоративных программ обучения.

После получения претендентами для работы в ВГСЧ на должности рядового и в младших служебных группах со средним профессиональным образованием по одной из профессий: «Машинист на открытых горных работах», «Ремонтник горного оборудования», «Горнорабочий на подземных работах», «Машинист электровоза (на горных выработках)», «Проходчик», «Горномонтажник подземный», «Электрослесарь подземный» или профессий, им соответствующих, либо по специальностям: «Открытые горные работы», «Шахтное строительство», «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» или по специальностям, им соответствующим, или на должности командного состава средней и высшей служебных групп высшего образования по направлению подготовки (специальности) «Горное дело» дорога в ВГСЧ открыта.

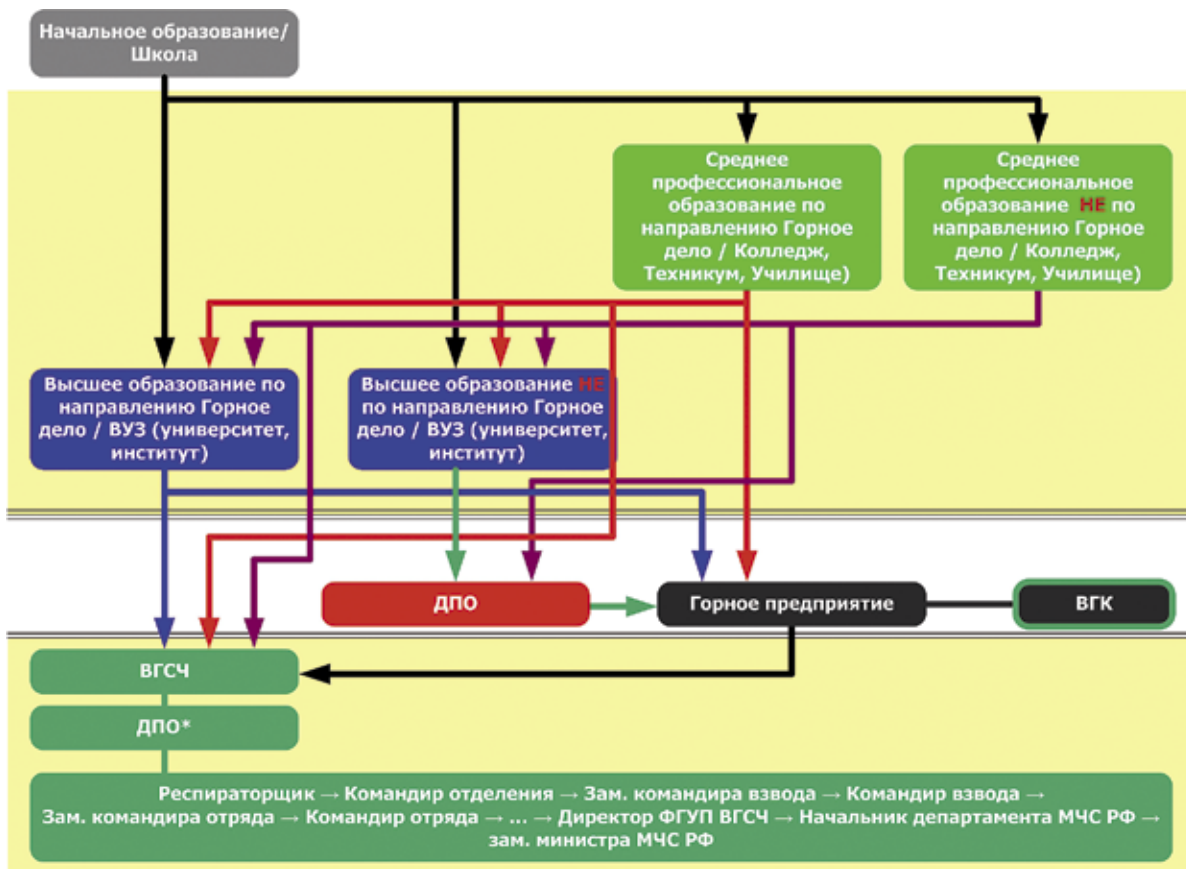


Рис. 1. Структура подготовки специалистов в области горноспасательного дела

Fig. 1. Structure of specialist training in mine rescue work

После трудоустройства в ВГСЧ претенденты на оперативные должности проходят подготовку в рамках дополнительного профессионального образования по программе подготовки спасателей к ведению горноспасательных работ, а также по программе подготовки руководителя горноспасательных работ (для командного состава средней и высшей служебных групп) в учебных центрах организаций ВГСЧ.

В дальнейшем в подразделениях ВГСЧ занятия с оперативным составом по тактико-технической подготовке, методам ведения горноспасательных работ (ГСР), навыкам работы с горноспасательным оборудованием, методам оказания первой помощи, инженерным расчетам и т.д. проходят на регулярной основе. Здесь подготовка на самом высоком уровне, она универсальна. При этом сегодня у горноспасателей нет четкого распределения по обслуживанию объектов ведения горных работ. Одни и те же спасатели могут ликвидировать аварии и на шахтах и рудниках, и на карьерах и разрезах, и на объектах подземного строительства. Везде разная специфика труда, разные технологии, разные группы вредных и опасных факторов. Набор знаний, умений и навыков должен быть весьма обширным. Поэтому важно понять, что происходит в системе высшего и средне-профессионального образования в России.

Сегодня квалификацию горного инженера присваивают по целому ряду специальностей высшего образования:

- «Прикладная геология» с присвоением квалификации горный инженер (5 лет обучения);
- «Технология геологической разведки» с присвоением квалификации горный инженер (5 лет обучения);
- «Горное дело» с присвоением квалификации горный инженер (5,5 лет обучения);
- «Физические процессы горного или нефтегазового производства» с присвоением квалификации горный инженер (5,5 лет обучения);
- «Нефтегазовая техника и технологии» с присвоением квалификации горный инженер (5,5 лет обучения).

Перечень специальностей утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ, образовательные программы, определяющие специализацию, реализуются на университетском уровне. Каждый университет сам решает, как назвать программу (специализацию, которая отражена в дипломе) и сам определяет набор дисциплин (за исключением базовых).

### **АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ**

Сегодня в России подготовку горных инженеров ведут 38 вузов [3]. Выпуск в 2021 г. составил 3075 человек. На первый курс поступили 3893 человека. Есть вузы, крупные университеты, где общее число обучающихся по направлению «Горное дело» на курсе больше 100 человек. В то же время есть вузы, где ежегодный выпуск не превышает 30 человек.

Там, где небольшое число обучающихся, как правило, реализуется одна специализация (профиль, направлен-

ность), на курсе – одна группа студентов с численностью 12-25 человек. Ставки преподавателей практически во всех вузах зависят от числа обучающихся, примерное соотношение – один преподаватель на 10 студентов. Получается, на все горные дисциплины в таких университетах – 3-5 ставок. В таких условиях качественное формирование компетенций у студентов обеспечить очень сложно.

Условно, все вузы, которые занимаются подготовкой горных инженеров, можно разделить на четыре группы (табл. 1).

Первая группа А (условно «МегаВузы») включает два университета НИТУ МИСИС (Московский горный институт) и Санкт-Петербургский горный университет. Эти два вуза присутствуют в международном рейтинге по горному делу (QS) и, надо отметить, на очень высоких позициях. В университетах много специализаций подготовки по горному делу, значительный уровень исследований, развитые научно-педагогические школы, высокие зарплаты (например, по открытым данным [4, 5], у профессора СПбГУ (Горный) – 155500 руб. и у профессора НИТУ МИСИС 117000 руб.) и много разных специалистов высокого уровня. Это позволяет сформировать у выпускников компетенции на высоком уровне.

Во вторую группу Б (горные и горно-металлургические вузы) входят вузы с горной направленностью. В них также обучается большое число будущих горных инженеров также по значительному перечню специализаций. Эти вузы решают большой класс задач по обеспечению горнопромышленного сектора экономики в регионах и стране в целом. Однако эти вузы практически отсутствуют в профильных международных рейтингах, в них наблюдается нехватка высококвалифицированных кадров – профессоров, докторов наук по профильным специальностям. Следует отметить, что и уровень заработной платы преподавателей сильно отличается от аналогичного показателя вузов первой группы (в два-три раза).

Третья группа В (Система-вуз) – отдельно вынесенная в связи с особенной кадровой ситуацией. Это многопрофильные вузы. Горному делу здесь обучают по одной или трем специализациям. В этих университетах преподаватели работают на минимальных ставках (0,1 или 0,2), около 20 человек. Кадровый состав сформирован в основном из исследователей и работников, совмещающих свою работу в других местах.

Четвертая группа Г («ПолиВУЗ») – также многопрофильные университеты, находящиеся в горнодобывающих регионах, где исторически существовали кафедры по горному делу.

В первую очередь необходимо обратить внимание на группы А и Б. В этих пяти вузах обучается примерно половина всех горных инженеров в нашей стране.

Набор в вузы весьма «пестрый». Он состоит из трех категорий – выпускники школ (поступают только по результатам ЕГЭ), молодые люди после среднего профессионального образования (СПО) в колледже, горных техникумах или профтехучилищах (поступают по результатам ЕГЭ или внутренним экзаменам, проводимых вузами самостоятельно) и иностранцы (поступают по результа-

**Условная классификация вузов, занимающихся подготовкой горных инженеров**  
Conventional classification of higher education institutions involved in the training of mining engineers

Группа	Университет	Выпуск в 2021 г. [3]	Дополнительные сведения
Группа А «МегаВУЗ»	Университет науки и технологий МИСИС (Московский горный институт), г. Москва	408	Место в рейтинге QS 2021 г.   2022 г.   2023 г. 42   28   23
	Санкт-Петербургский горный университет (национальный исследовательский университет), г. Санкт-Петербург	392	Место в рейтинге QS 2021 г.   2022 г.   2023 г. 12   7   3
Группа Б «Горно-металлургический ВУЗ»	Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово	591	Изначально создавались с уклоном в Горно-металлургическое дело
	Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург	626	
	Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ	106	
Группа В «Система ВУЗ» (Пример университетов из данной группы)	Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва	24	Большое количество преподавателей также работают в других организациях из горного направления: ИПКОН РАН, НИТУ МИСИС
	Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь	106	Большое количество преподавателей также работают в других организациях из горного направления: ГИ УрО РАН, Аэросфера
	...	...	
Группа Г «ПолиВУЗ» (Пример университетов из данной группы)	Тульский государственный университет, г. Тула	44	
	Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	44	
	...	...	

там внутренних экзаменов, проводимыми вузами также самостоятельно). При этом надо отметить, что студенты после СПО и иностранцы демонстрируют более низкие академические результаты.

Знания, умения, навыки в области горноспасательного дела преподаются для всех студентов во всех вузах при изучении базовой дисциплины «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело». На весь курс практически во всех вузах отводится 68 академических часов (в некоторых университетах в два раза меньше). В этом курсе на горноспасательное дело запланированы 1 лекция, 2 лабораторных занятия и 2 практические работы, что крайне мало.

В трех вузах (СПбГУ (Горный), КузГТУ и УГГУ) есть отдельное направление подготовки – «Технологическая безопасность и горноспасательное дело» (в НИТУ МИСИС данная специализация подготовки была названа «Безопасность и экология горного производства» с дополнительным уклоном в области горнопромышленной экологии). В данных программах есть дисциплина «Технологии горноспасательного дела», включающая 17 лекций, 9 практических занятий (тактических) и 9 лабораторных занятий с курсовым проектом. Однако студентов, изучающих такую дисциплину, – всего 2,5% от общего числа обучающихся на потоке во всех университетах страны.

Крайне тревожно обстоят дела с профессорско-преподавательским составом в университетах. Сегодня ко всем вузам Минобрнауки РФ предъявляет требования по среднему возрасту преподавателей – не более 54 лет и доли молодых работников (например, в НИТУ МИСИС до 39 лет должно быть сотрудников не менее 32,5% от общего их числа). Наблюдаются сокращение возрастных преподавателей или уменьшение у них ставок. При этом, если в вузах первой группы А высокие зарплаты, то в других вузах они меньше в 3-4 раза. С учетом долей ставок, зарплаты становятся низкими, а эффективность работы падает. Молодые преподаватели зачастую не имеют необходимого опыта, как производственного, так и преподавательского. Без ученых степеней зарплаты не являются конкурентными в тех регионах, в которых они живут. Это обстоятельство приводит к тому, что резко сокращается число докторов наук, профессоров. Молодые ученые, кандидаты наук, доценты не идут в вузы. Больше становится совместителей. При этом ко всем преподавателям предъявляют высокие требования по научным публикациям, патентам, защитами аспирантов. В итоге – больше молодых, временно работающих, без особого желания становиться доцентами и профессорами. Снижается мотивация молодых исследователей к собственному росту.

Многие вузы также не имеют должного оснащения материально-технической базы. Если и есть оборудова-



ние в области горноспасательного дела, то оно чаще не работает и скорее относится к музейному.

Количество желающих обучаться уменьшается по целому ряду причин [3], что приводит к снижению среднего балла ЕГЭ. По публичным данным, в 2022 г. минимальный проходной балл составил в НИТУ МИСИС 235, СПбГУ (Горный) – 139, УГГУ – 139, КузГТУ – 118. Низкий уровень базовых знаний резко повышает риски успешной подготовки специалиста.

По вопросам количества, качества и проблемам подготовки горных инженеров в России можно встретить достаточно большое количество исследовательских работ. Часть таких работ – аналитические с подробной статистикой [2, 3], некоторые авторы предлагают новые подходы [6] к образованию и активное использование современных технологий обучения (например, AR/VR [7]). Большое количество работ посвящено влиянию квалификации [8, 9] на безопасность труда на горных предприятиях. Однако авторы считают, что необходимо обратить внимание на подготовку специалистов среднего звена, рабочих и служащих для горной отрасли, так как они составляют значительную часть кадрового потенциала отрасли.

### АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА

В настоящее время приказом Минпросвещения России [10] на уровне среднего профессионального образования утверждена лишь одна квалификация выпускника – «Специалист по горным работам» (по двум специальностям: 21.02.17 «Содземная разработка месторождений полезных ископаемых» и 21.02.15 «Открытые горные работы»). Раньше специалистами считались только те, кто получил высшее образование, остальные были рабочие или служащие.

По причине невостребованности выведены из перечня профессий – «проходчик», «горнорабочий подземный», «машинист электровоза», «электрослесарь подземный», «горно-монтажник подземный». Сегодня это уже профессии прошлого. В следующем году будет последний вы-

пуск шахтеров-проходчиков. Большая часть профессий рабочих для горнопромышленного сектора выведена в сферу не СПО, а профессионального обучения.

В представленной статье авторы приводят аналитические материалы на основе государственной статистики в системе СПО, полученной из Федерального учебно-методического объединения в системе среднего профессионального образования.

В настоящее время в России в 30 регионах есть колледжи (техникумы), в которых готовят рабочие профессии для горного дела. Это 111 государственных образовательных учреждений и три частных.

В 2022 г. выпуск составил 4084 человека, прием – 6940 человек, а количество обучающихся в общей сложности составило 21353 человека. Больше всего – по двум новым специальностям: 21.02.17 и 21.02.15 (табл. 2). Специалисты по горным работам становятся универсальными рабочими.

Среди организаций СПО можно выделить две группы. Первая группа – это учебные организации полностью с горным уклоном (например, Забайкальский горный колледж имени М.И. Агошкова, где обучаются в настоящее время 1615 студентов). Вторая группа – это «поликолледжи», где есть одна-две группы обучающихся по направлению «горное дело» (например, Владикавказский ордена Дружбы народов политехнический техникум, где всего одна группа, и весь контингент обучающихся составляет 38 человек) (табл. 3). Небольшое количество студентов приводит к тому, что для их обучения выделяется мало преподавательских ставок. Следовательно, профильные дисциплины читаются всего несколькими специалистами, которые должны быть специалистами во многих областях горного дела сразу.

При таком количестве организаций СПО, при таком количестве ежегодного выпуска специалистов среднего звена остается совсем непонятной озадаченность горнодобывающих компаний по вопросу нехватки кадров.

Содержание образования для всех образовательных организаций опирается на примерный учебный

Таблица 2

#### Сводная таблица по приему, выпуску и контингенту обучающихся по горным специальностям в СПО

Summary table on admission, graduation and the number of students studying mining professions as their secondary vocational education

Специальности СПО	Прием	Контингент	Выпуск
21.01.08 Машинист на открытых горных работах	609	1492	496
21.01.10 Ремонтник горного оборудования	319	920	260
21.01.15 Электрослесарь подземный	128	395	115
21.01.11 Горнорабочий на подземных работах	0	0	5
21.01.13 Проходчик	0	39	20
21.01.16 Обогачитель полезных ископаемых	294	536	144
21.02.14 Маркшейдерское дело	860	2710	452
21.02.15 Открытые горные работы	1539	5133	902
21.02.16 Шахтное строительство	73	263	68
21.02.17 Подземная разработка месторождений полезных ископаемых	1946	5980	985
21.02.18 Обогащение полезных ископаемых	1172	3885	637
	<b>6940</b>	<b>21353</b>	<b>4084</b>

**Характеристика приема, контингента и выпуска по специальностям СПО на 2022 г.  
(К – контингент, П – прием, В – выпуск)**

Characteristics of the number of admissions, students and graduations by specializations in secondary vocational education for 2022 (K – number of students, П – admission, В – graduation)

Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)	Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)
Баунтовский филиал «Байкальский колледж недропользования»	25	64	19	21.01.08	ГАПОУ Республики Саха (Якутия) «Региональный технический колледж в г. Мирном» филиал «Удачинский»	20	44	16	21.01.10
ГАПОУ «Горно-технологический техникум» г. Ясного Оренбургской области	0	15	0	21.01.08		0	0	5	21.01.11
ГАПОУ «Краснокаменский горно-промышленный техникум»	25	62	47	21.02.15		15	31	0	21.01.16
	0	79	21	21.02.18	ГАПОУ Республики Саха (Якутия) «Южно-Якутский технологический колледж»	0	0	25	21.01.08
	28	79	30	21.01.08		27	54	14	21.01.10
	0	45	20	21.01.16		0	98	23	21.02.15
ГАПОУ «Орский индустриальный колледж» г. Орска Оренбургской области	56	128	47	21.02.17		27	122	11	21.02.17
	25	111	16	21.02.15		28	136	11	21.02.18
	24	93	0	21.02.15	ГАПОУ Самарской области «Колледж энергетики и строительства (образовательно-производственный кампус) им. П. Мачнева»	32	116	27	21.02.14
ГАПОУ «Забайкальский горный колледж имени М.И. Агошкова»	121	443	65	21.02.14	ГАПОУ Свердловской области «Баранчинский электромеханический техникум»	15	15	21	21.01.10
	122	463	80	21.02.15	ГАПОУ Свердловской области «Качканарский горно-промышленный колледж»	20	20	22	21.01.10
	97	259	37	21.02.17		0	46	0	21.02.15
	137	450	78	21.02.18		24	38	15	21.02.18
ГАПОУ Мурманской области «Ковдорский политехнический колледж»	0	28	0	21.02.15	ГАПОУ Свердловской области «Нижнетагильский горно-металлургический колледж имени Е.А. и М.Е. Черепановых»	30	30	0	21.02.17
	0	33	6	21.02.18	ГАПОУ Свердловской области «Североуральский политехникум»	25	79	22	21.01.10
ГАПОУ Мурманской области «Оленегорский горнопромышленный колледж»	23	20	0	21.01.16	ГАПОУ Свердловской области «Асбестовский политехникум»	0	0	22	21.01.08
	4	34	7	21.02.15		25	49	0	21.01.10
	0	30	0	21.02.18		0	25	22	21.02.15
ГАПОУ Мурманской области «Печенгский политехнический техникум»	7	39	10	21.02.17		45	150	15	21.02.18
ГАПОУ Мурманской области «Апатитский политехнический колледж имени Голованова Георгия Александровича»	25	48	22	21.01.10	ГАПОУ Свердловской области «Уральский государственный колледж имени И.И. Ползунова»	28	104	24	21.02.14
ГАПОУ Республики Бурятия «Бурятский республиканский многопрофильный техникум инновационных технологий»	0	20	0	21.01.13		31	90	19	21.02.17
ГАПОУ Республики Карелия «Петрозаводский техникум городского хозяйства»	41	113	40	21.02.15	ГАПОУ «Учалинский колледж горной промышленности»	25	68	14	21.01.10
ГАПОУ Республики Карелия «Сортавальский колледж»	25	50	0	21.01.08		73	237	31	21.02.17
ГАПОУ Республики Саха (Якутия) «Алданский политехнический техникум»	0	0	26	21.01.08		25	109	26	21.02.18
	24	41	0	21.01.10	ГБАПОУ «Бакальский техникум профессиональных технологий и сервиса имени М.Г. Ганиева»	15	47	0	21.02.14
	30	56	19	21.02.14		40	134	17	21.02.18
	12	57	10	21.02.15	ГБАПОУ «Березниковский политехнический техникум»	25	42	0	21.01.16
	3	51	4	21.02.18		25	25	0	21.02.17
ГАПОУ Республики Саха (Якутия) «Региональный технический колледж в г. Мирном»	0	46	22	21.01.10	ГБАПОУ «Владикавказский ордена Дружбы народов политехнический техникум»	0	38	7	21.02.17
	16	16	0	21.02.17	ГБАПОУ «Закаменский агропромышленный техникум»	25	25	25	21.01.08
ГАПОУ Республики Саха (Якутия) «Региональный технический колледж в г. Мирном» филиал «Айхальский»	0	0	23	21.01.10					
	0	5	0	21.02.15					
	25	25	0	21.01.16					

Продолжение таблицы

Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)
ГБАПОУ «Саткинский политехнический колледж имени А.К. Савина»	25	58	19	21.02.17
ГБАПОУ «Сахалинский горный техникум»	0	23	0	21.01.08
	46	107	32	21.02.15
ГБАПОУ «Сахалинский политехнический центр № 5»	17	61	15	21.01.08
ГБАПОУ «Соликамский автодорожно-промышленный колледж»	0	0	11	21.02.17
ГБАПОУ «Сусуманский профессиональный лицей»	0	36	0	21.01.10
	20	79	18	21.02.15
ГБАПОУ «Байкальский колледж недропользования»	73	244	40	21.02.14
	66	235	49	21.02.15
	6	47	11	21.02.17
	31	93	4	21.02.18
ГБАПОУ «Волжский политехнический техникум»	25	25	0	21.02.17
ГБАПОУ «Магаданский политехнический техникум»	38	81	0	21.02.14
	7	61	16	21.02.18
ГБАПОУ «Соликамский горно-химический техникум»	0	54	0	21.02.14
	76	310	51	21.02.17
ГБАПОУ Актярский горный колледж имени И. Тасимова	0	23	6	21.02.15
	79	344	67	21.02.17
	38	169	21	21.02.18
ГБАПОУ Иркутской области «Бодайбинский горный техникум»	25	82	8	21.02.14
	44	155	35	21.02.15
	0	25	0	21.02.18
ГБАПОУ Иркутской области «Профессиональный колледж г. Железногорска-Илимского»	25	76	21	21.01.08
ГБАПОУ Иркутской области «Черемховский горнотехнический колледж им. М.И. Щадова»	20	90	0	21.02.15
	30	65	19	21.02.18
ГБАПОУ Кемеровский горнотехнический техникум	25	66	15	21.01.10
	25	40	0	21.01.15
	25	53	17	21.01.16
	82	251	52	21.02.15
	25	60	30	21.02.16
	52	136	12	21.02.17
	25	161	28	21.02.18
ГБАПОУ «Ленинск-Кузнецкий горнотехнический техникум»	180	515	106	21.02.17
	54	127	0	21.02.18
ГБАПОУ «Междуреченский горностроительный техникум»	25	71	0	21.01.10
	25	70	21	21.01.15
	25	93	22	21.02.14
	50	206	50	21.02.15
	79	248	21	21.02.17
	51	152	37	21.02.18
ГБАПОУ «Новокузнецкий горнотранспортный колледж»	26	130	32	21.02.15
	80	280	53	21.02.17
ГБАПОУ «Прокопьевский горнотехнический техникум им. В.П. Романова»	50	163	34	21.02.14
	95	318	42	21.02.15
	47	111	22	21.02.17
	56	144	34	21.02.18

Продолжение таблицы

Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)
ГБАПОУ Республики Карелия «Костомукшский политехнический колледж»	0	56	28	21.01.08
	0	23	25	21.01.10
	30	52	0	21.01.16
	40	98	0	21.02.15
ГБАПОУ Республики Саха (Якутия) «Горно-геологический техникум»	37	37	21	21.01.08
	0	0	15	21.01.15
	0	0	37	21.01.16
	18	38	10	21.02.14
	0	30	5	21.02.15
	14	14	0	21.02.18
ГБАПОУ Республики Саха (Якутия) «Харбалахский образовательный комплекс им. Н.Е. Мординова – Амма Аччыгыя»	15	45	10	21.01.08
ГБАПОУ Республики Саха (Якутия) «Центр подготовки рабочих кадров «Арктика»	0	12	0	21.01.08
ГБАПОУ Республики Тыва «Ак-Довуракский горный техникум»	0	19	0	21.01.10
	25	47	0	21.01.16
	25	40	0	21.02.15
	25	43	8	21.02.18
ГБАПОУ Республики Тыва «Тувинский горнотехнический техникум»	30	30	38	21.01.08
	55	55	45	21.01.16
ГБАПОУ Республики Хакасия «Черногорский горно-строительный техникум»	30	56	0	21.02.14
	91	351	81	21.02.15
	30	110	22	21.02.18
ГБАПОУ Ростовской области «Шахтинский региональный колледж топлива и энергетики им. ак. П.И. Степанова»	0	17	17	21.01.15
	0	19	20	21.01.13
	48	190	38	21.02.16
ГБАПОУ Свердловской области «Исовский геологоразведочный техникум»	54	121	19	21.02.14
ГБАПОУ «Сибайский многопрофильный профессиональный колледж»	35	127	22	21.02.14
	41	167	31	21.02.17
	25	98	20	21.02.18
ГПОАУ Амурской области «Благовещенский политехнический колледж»	77	228	31	21.02.14
	75	259	54	21.02.15
ГПОАУ Амурской области «Райчихинский индустриальный техникум»	50	115	18	21.01.08
	43	127	19	21.02.15
ГПОУ «Анжеро-Судженский политехнический колледж»	0	34	12	21.01.15
	33	66	0	21.02.15
	0	75	24	21.02.17
ГПОУ «Беловский политехнический техникум»	0	51	22	21.02.14
	94	307	37	21.02.15
	1	37	11	21.02.17
	24	62	7	21.02.18
ГПОУ «Березовский политехнический техникум»	28	58	0	21.01.15
	37	116	0	21.02.18
ГПОУ «Воркутинский горно-экономический колледж»	25	119	12	21.02.17
ГПОУ «Воркутинский политехнический техникум»	0	24	0	21.01.10
	25	25	21	21.01.15



Продолжение таблицы

Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)
ГПОУ «Киселевский горный техникум»	28	73	23	21.01.08
	30	100	25	21.02.14
	50	132	30	21.02.15
	25	29	0	21.02.17
	50	147	29	21.02.18
ГПОУ «Кузнецкий индустриальный техникум»	25	77	22	21.01.08
	0	51	12	21.01.15
	25	100	25	21.02.14
	25	117	25	21.02.15
ГПОУ «Осинниковский горнотехнический колледж»	25	91	15	21.02.17
	29	94	17	21.02.15
	157	384	86	21.02.17
	26	110	16	21.02.18
ГПОУ «Прокопьевский строительный техникум»	25	72	17	21.01.15
	25	68	20	21.01.08
	24	49	0	21.01.10
ГПОУ «Таштагольский техникум горных технологий и сферы обслуживания»	40	182	43	21.02.17
	68	218	29	21.02.17
Гуковский промышленно-экономический техникум – филиал ГБПОУ Ростовской области «Шахтинский региональный колледж топлива и энергетики им. ак. П.И. Степанова»	24	49	0	21.01.10
	40	182	43	21.02.17
Краевое ГАПОУ «Дальнегорский индустриально-технологический колледж»	14	30	0	21.02.14
	37	101	0	21.02.17
Краевое ГБПОУ «Амурский политехнический техникум»	0	9	0	21.01.15
	0	18	0	21.01.10
Краевое ГБПОУ «Балахтинский аграрный техникум»	50	49	0	21.02.15
Краевое ГБПОУ «Кавалеровский многопрофильный колледж»	0	6	0	21.02.14
	25	48	0	21.01.08
Краевое ГБПОУ «Комсомольский-на-Амуре строительный колледж»	0	12	0	21.01.10
	17	59	19	21.02.17
Краевое ГБПОУ «Приморский многопрофильный колледж»	0	28	5	21.02.17
	53	130	0	21.02.17
Краевое ГАПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»	50	125	0	21.02.18
	0	0	25	21.01.08
Краевое ГАПОУ «Солнечный промышленный техникум»	0	21	0	21.01.16
	0	18	17	21.02.14
	0	17	0	21.02.17
	25	68	0	21.02.18
	50	105	17	21.01.08
Краевое ГАПОУ «Техникум горных разработок имени В.П. Астафьева»	25	75	0	21.02.14
	41	133	0	21.02.15

Продолжение таблицы

Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)
Краевое ГАПОУ «Хабаровский дорожно-строительный техникум»	50	113	0	21.01.08
	30	108	18	21.02.14
Краевое ГАПОУ «Хабаровский технический колледж»	16	47	13	21.02.15
	0	21	14	21.01.08
Краевое ГАПОУ «Чегдомынский горно-технологический техникум»	0	14	0	21.01.15
	74	129	24	21.02.15
	0	40	0	21.02.17
	25	43	15	21.02.18
Краевое ГАПОУ «Благовещенский профессиональный лицей»	0	0	25	21.01.08
Краевое ГПОБУ «Камчатский промышленный техникум»	0	19	0	21.02.15
Красночикойский филиал ГПОУ «Читинский политехнический колледж»	27	45	0	21.01.08
	0	0	14	21.02.18
Кунашакский филиал Байкальского техникума профессиональных технологий и сервиса имени М.Г. Ганиева	50	107	14	21.01.08
	0	21	14	21.01.16
	20	49	0	21.02.15
	0	19	0	21.02.17
Мухоршибирский филиал ГБПОУ «Байкальский колледж недропользования»	25	25	0	21.01.08
	25	25	0	21.01.16
	0	47	0	21.02.15
Областное БПОУ «Железногорский горно-металлургический колледж»	37	156	36	21.02.18
	26	47	15	21.01.08
Областное БПОУ «Железногорский политехнический колледж»	0	0	9	21.01.10
	1	25	23	21.01.08
Областное ГАПОУ «Губкинский горно-политехнический колледж»	19	44	0	21.02.15
	32	107	8	21.02.17
	29	115	26	21.02.18
	50	50	0	21.02.18
Областное ГАПОУ «Старооскольский индустриально-технологический техникум»	23	70	24	21.01.10
	53	98	0	21.02.17
Областное ГАПОУ «Яковлевский политехнический техникум»	16	43	11	21.01.10
	21	55	11	21.01.16
Областное ГАПОУ «Технический колледж»	25	75	0	21.02.15
	46	109	14	21.02.17
Пластовский филиал ГБПОУ «Копейский политехнический колледж имени С.В. Хохрякова»	58	158	31	21.02.18
	34	55	0	21.02.14
Профессиональное образовательное частное учреждение «Камчатский кооперативный техникум» Камчатского краевого союза потребительских кооперативов				

Продолжение таблицы

Окончание таблицы

Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)
Старооскольский филиал ФГБОУ высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»	28	73	24	21.02.14
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»	21	37	0	21.02.17
ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»	38	40	0	21.02.15
ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»	0 47	13 158	0 20	21.02.16 21.02.17
ФГБОУ ВО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема»	11	56	19	21.02.18
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»	25	96	21	21.02.17
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»	21	66	6	21.02.17
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»	25	25	0	21.02.17

Наименование	П	К	В	Шифры специальностей (см. табл. 2)
Филиал ГАПОУ «Забайкальский горный колледж имени М.И. Агошкова» в г. Краснокаменске Забайкальского края	27	104	17	21.02.17
	18	56	5	21.02.18
Филиал ГБПОУ республики Хакасия «Черногорский горно-строительный техникум»	10	10	0	21.02.15
Филиал ГБПОУ Республики Хакасия «Черногорский горно-строительный техникум» в г. Абаза	0	25	0	21.01.10
	25	44	0	21.01.16
	48	157	51	21.02.17
Филиал ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в г. Прокопьевске	0	50	0	21.01.08
	30	120	25	21.02.15
Филиал ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет» в г. Кировске Мурманской области	23	41	0	21.02.14
	47	183	18	21.02.17
	36	107	8	21.02.18
Частное некоммерческое профессиональное образовательное учреждение «Покровский горный колледж»	9	26	11	21.02.15
Частное образовательное учреждение профессионального образования «Западно-Уральский горный техникум»	54	86	20	21.02.17

Таблица 4

**Выдержка из Примерного учебного плана в СПО**

Excerpt from the Indicative Curriculum for secondary vocational education

	Содержание	20 академических часов
<b>Тема 2.2. Обеспечение безопасной эксплуатации опасных производственных объектов</b>	1. Порядок подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности	14 (7 занятий)
	2. Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности	
	3. Требования к выдаче нарядов-допусков	
	4. Требования к техническим устройствам, применяемым на опасных производственных объектах	
	<b>5. Готовность к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии на опасных производственных объектах</b>	
	<b>6. Требования к противоаварийной защите шахты</b>	
	<b>7. План ликвидации аварий (ПЛА) на шахте</b>	
	8. Порядок технического расследования причин аварий и инцидентов на опасных производственных объектах	
	В том числе практических занятий	
	<b>Практическое занятие 1: «Изучение порядка включения в самоспасатель»</b>	2 (1 занятие)
<b>Практическое занятие 2: «Методы и средства оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях и авариях»</b>	2 (1 занятие)	
<b>Практическое занятие 3: «Изучение структуры плана ликвидации аварий на шахте»</b>	2 (1 занятие)	

план [11]. Его придерживаются все организации СПО в России. В нем есть раздел «Система управления промышленной безопасностью в горной организации» (табл. 4).

Три занятия этого плана относятся к горноспасательному делу, и связаны они только с планом ликвидации аварии. Есть также в плане и три практические работы. Одно занятие отводится на изучение работы самоспасателей и одно на первую помощь, что объективно крайне мало и требует пересмотра.

Во многих организациях СПО также наблюдается проблема с преподавательскими кадрами. В ряде горных техникумов (колледжах) все дисциплины горного профиля преподаются одним-двумя преподавателями. Оборудование для проведения тактических занятий в области горноспасательного дела, тренировки включения в самоспасатели и т.п. чаще отсутствуют. Однако здесь преподаватели имеют производственный опыт работы на горных предприятиях, но совсем редко в области горноспасательного дела.

### ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В РАМКАХ ОРГАНИЗАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ КОМАНД (ВГК)

Место, где готовят основательно по вопросам горноспасательного дела, остается одно – ВГСЧ. В настоящее время такое обучение осуществляется в рамках подготовки членов ВГК и аттестации команд ВГК. Количество ежегодно вновь обучаемых (первичная и периодическая аттестация) сопоставимо с тем количеством, что готовят вузы (рис. 2, а). При этом количество аварийноспасательных служб (формирований) (АСС/АСФ) постоянно увеличивается. Это говорит о том, что все больше

горнодобывающих предприятий обращаются к системе подготовки ФГУП ВГСЧ (рис. 2, б).

Количество часов в программе подготовки членов ВГК при первичной подготовке равно 72 (табл. 5). Это сопоставимо с тем курсом, что читается в четырех вузах, где есть специальность «Технологическая безопасность и горноспасательное дело».

Однако такое обучение проходит один раз в три года. На предприятиях есть текучка кадров, есть вопросы в слаженности работы членов ВГК в отделении. Также надо отметить, что такое обучение направлено на подготовку навыков спасателей, а не на получение базовых знаний о причинах, признаках, этапах развития различных аварий. А именно эти знания необходимы каждому, кто работает на горнодобывающих предприятиях.

### ВЫВОДЫ

Количество вузов, занимающихся подготовкой горных инженеров, достаточно для обеспечения формирования кадрового потенциала отрасли (38 организаций). Количество учебных заведений СПО также значительно (114 организаций). Ежегодно общий выпуск горных инженеров – в среднем более 3000 человек в год, а специалистов среднего звена – более 4000 человек. При этом наблюдается нехватка кадров в отрасли, что вызывает вопросы: «куда идут выпускники?», «нужно ли такое количество учебных организаций и учащихся?».

Обучение в вузах идет в течение 5-5,5 лет, а в системе СПО – до трех лет. При этом отмечается большое количество новых специализаций в подготовке горных инженеров. А при подготовке специалистов среднего звена наблюдается унификация профессий. Так, по причине не востребованности и отсутствия требований девять про-

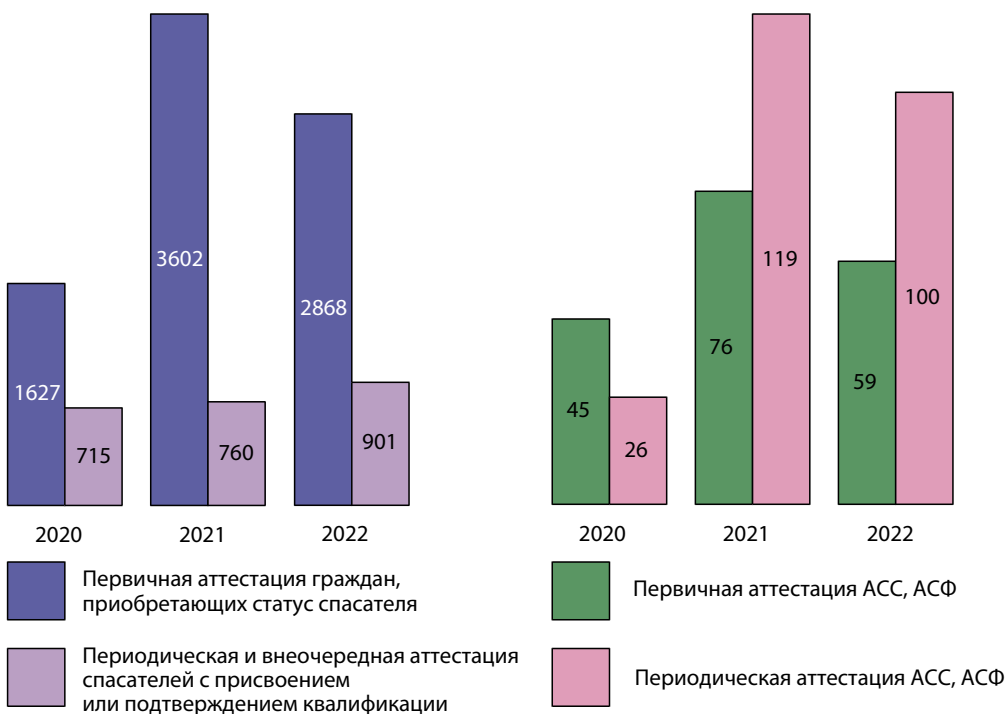


Рис. 2. Статистика по аттестации членов ВГК и АСС  
Fig. 2. Statistics on certification of the assistant mine rescue and the emergency rescue crew



**Программа подготовки членов ВГК**  
Training programme for the assistant mine rescue crew

Наименование видов занятий и тренировок	Тип подготовки	Количество часов подготовки членов ВГК
Изучение законодательных и нормативных документов, регламентирующих деятельность ВГК	Первичная	10
	Периодическая	10
Изучение противоаварийной защиты предприятия	Первичная	4
	Периодическая	4
Изучение горноспасательного оснащения, правил его применения и мер безопасности при эксплуатации	Первичная	23
	Периодическая	23
Основы медицинской подготовки для оказания первой помощи пострадавшим, в том числе в условиях подземных горных выработок и непригодной для дыхания атмосферы	Первичная	16
	Периодическая	16
Психологическая подготовка	Первичная	4
	Периодическая	4
Практические тренировки в изолирующих дыхательных аппаратах	Первичная	16
	Периодическая	8
<b>Всего часов</b>	<b>Первичная</b>	<b>72</b>
	<b>Периодическая</b>	<b>60</b>

фессий были выведены из перечня в профессиональном обучении, но появилась новая квалификация – «Специалист по горным работам» (со специальностями «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» и «Открытые горные работы»). Как отразится данная унификация на состоянии кадров на горных предприятиях, мы увидим в ближайшее время, по мере ухода на пенсию работающих сегодня специалистов среднего звена и рабочих профессий.

Более половины горных инженеров обучаются в пяти вузах – НИТУ МИСИС, СПбГУ (Горный), КузГТУ, УГГУ, СКГМИ (ГТУ) (в 2021 г. из них выпустились 2123 студента из 3075). На эти организации следует обратить внимание, как на базовые в горнодобывающей отрасли.

В настоящее время по существующим учебным программам как в вузах, так и в организациях СПО отведено недостаточное количество часов для изучения вопросов по горноспасательному делу.

Практически во всех учебных организациях наблюдается нехватка профильных специалистов, в том числе в области горноспасательного дела. Низкие зарплаты в региональных учебных организациях (вузах и колледжах), высокие требования к профессорско-преподавательскому составу (ППС) по выполнению критериев текущих программ развития, требования к возрасту (средний возраст ППС – не более 54 лет) не способствуют притоку высококвалифицированных кадров.

Также ощущается острая нехватка современного специализированного оборудования, программных средств в области горноспасательного дела практически во всех образовательных организациях как в вузах, так и СПО.

Обозначенные проблемы – это дополнительная нагрузка, которая в будущем ложится на руководство горнодобывающих предприятий и ВГСЧ.

Более того, с таким обучением мы закладываем «мину замедленного действия» на всех горных предприятиях.

Люди, которые не знают основ безопасности, чаще являются виновниками катастрофических аварий на горных предприятиях и чаще нарушают правила безопасности [12, 13, 14].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для недопущения травматизма и гибели людей на горных предприятиях, потери месторождений и обогатительного производства необходимо пересмотреть подход к обучению будущих работников по вопросам горноспасательного дела.

В четырех вузах (НИТУ МИСИС, СПбГУ (Горный), КузГТУ и УГГУ) есть отдельная специальность с уклоном в область горноспасательного дела. На этих специальностях есть дисциплины с углубленным изучением основ противоаварийной деятельности на горных предприятиях. Эти дисциплины должны быть включены в базовую часть образовательных программ.

Сегодня разработан проект профессионального стандарта [15] для всех должностей у горноспасателей. Эта огромная работа должна стать отправной точкой в пересмотре всех подходов к обучению, как в вузах, так и в системе СПО. В компетенциях выпускников необходимо учесть требования данного профстандарта.

Вузы первой группы (НИТУ МИСИС и СПбГУ (Горный)) должны взять на себя функции подготовки кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) для научно-педагогических школ других групп университетов, а также специалистов и для организаций СПО. Необходимо организовать и реализовать программы дополнительного профессионального образования для преподавателей вузов и организаций СПО. Такой подход существовал на протяжении полувека. В 1918 г. была создана Московская горная академия, задачей которой как раз была подготовка кадров не только для горной промышленности, а для других образовательных учрежде-

ний горного профиля по всей стране и для научных организаций [16].

Необходимо развивать практику более тесного взаимодействия горных предприятий и образовательных организаций в части развития материальной базы учебного процесса, развития кадрового потенциала, формирования тематики исследовательских работ.

Отечественная научная школа подготовки кадров для горнодобывающей отрасли была и остается лучшей в мире. Мы не уступаем ведущим организациям и мировым практикам в обучении. Например, проводим аналогично зарубежным университетам [17] тактические занятия по горноспасательному делу с применением реального горноспасательного оборудования. Также [18] применяем новейшее программное обеспечение для инженерных расчетов хода развития аварий и многое другое. Также в будущем университетская команда планирует участвовать в горноспасательных соревнованиях [19].

Предложенные пути решения повышения уровня компетентности выпускников позволят существенно улучшить уровень безопасности ведения горных работ и готовность предприятий к противоаварийной защите.

### Список литературы

1. Каледина Н.О. Инженерная подготовка горноспасателей // Горный журнал. 2018. № 5. С. 86-89. DOI: 10.17580/gzh.2018.05.14.
2. Puchkov L.A., Petrov V.L. The system of higher mining education in Russia // Eurasian Miningthis. 2017. pp. 57-60. DOI: 10.17580/em.2017.02.14.
3. Петров В.Л. Аналитический обзор системы подготовки горных инженеров в России // Горные науки и технологии. 2022. Т. 7. № 3. С. 240-259. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-3-240-259.
4. Положение об оплате труда и премировании работников Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». Утверждено приказом ректора от 30.01.2023 № 103. СПб. 2023. 8 С. URL: [https://spmi.ru/sites/default/files/imci\\_images/univer/document/2022/polozhenie-ob-oplate-truda-gornyy-universitet-2023-g.pdf](https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/univer/document/2022/polozhenie-ob-oplate-truda-gornyy-universitet-2023-g.pdf) (дата обращения: 15.10.2023).
5. НИТУ МИСИС предлагает своим сотрудникам. URL: <https://misis.ru/university/struktura-universiteta/offices/personnel/karta/pps/> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Пономарев В.П., Пучков А.Л. Новая парадигма подготовки управленческих кадров горнопромышленной отрасли // Уголь. 2023. № 1. С. 46-50. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-46-50.
7. Vavenkov M.V. VR/AR technologies and staff training for mining industry // Mining Science and Technology (Russia). 2022. No 7. С. 180–187. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-180-187.
8. Комаричева Е.И., Виноградова О.В. Проблемы подготовки специалистов для обеспечения безопасности в горнодобывающей промышленности // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 2. С. 88-94. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-2-88-94.
9. Виноградова О.В. Роль персонала в обеспечении безопасности на угледобывающих предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2-1. С. 64-76. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-64-76.
10. Приказ Минпросвещения России от 26.08.2022 № 772 Официальное опубликование правовых актов URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209290013> (дата обращения: 15.10.2023).
11. Примерная образовательная программа среднего профессионального образования. Уровень профессионального образования. Среднее профессиональное образование. Образовательная программа подготовки специалистов среднего звена. Специальность 21.02.17 // Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. № 6. С. 312.
12. Гендлер С.Г., Фалова Е.С. Использование риск-ориентированного подхода для выбора адресных мероприятий по снижению производственного травматизма // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 9. С. 82-87. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-9-82-87.
13. Коликов К.С., Гришин В.Ю., Ишхнели О.Г. Аварийность и травматизм на предприятиях угольной отрасли // Охрана труда и социальное страхование. 2020. № 6. С. 34-44.
14. Подображин С.Н., Стульская Т.В., Зарубина Е.С. О повышении уровня промышленной безопасности на предприятиях угольной промышленности // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 3. С. 40-47. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-3-40-47.
15. Профессиональный стандарт. Специалист по горноспасательным работам на объектах ведения горных работ. 2023. С. 55. Сайт СПК ЧС. URL: <https://spkchs.ru/upload/a10/Profstandart-Specialist-po-gornospasatelnyim-rabotam.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
16. Коликов К.С., Каледина Н.О., Кобылкин С.С. Кафедра «Безопасность и экология горного производства»: прошлое, настоящее и будущее // Горный журнал. 2018. № 3. С. 21–28. DOI: 10.17580/gzh.2018.03.04.
17. Agata Bogucka. Mines and Red Rocks CC to collaborate on industry safety training // Colorado School of Mines: Mines Newsroom. URL: <https://www.minesnewsroom.com/news/mines-and-red-rocks-cc-collaborate-industry-safety-training> (дата обращения: 15.10.2023).
18. Prydatko O.V., Pasmak I.V. Investigation of the processes of the information technologies integration into the training of specialists at mine rescue departments // National Mining University. Naukovyi Visnyk. 2017. No 1. P. 108.
19. Henderson N.R., Mischo H., Brune J.F. Student mine rescue in today's mining engineering curriculum // International Journal of Mining Engineering. 2014. No 66. P. 33–37. URL: [https://www.researchgate.net/publication/271072757\\_Student\\_mine\\_rescue\\_in\\_today's\\_Mining\\_engineering\\_curriculum](https://www.researchgate.net/publication/271072757_Student_mine_rescue_in_today's_Mining_engineering_curriculum) (дата обращения: 15.10.2023).

Original Paper

UDC 658.386:622.867 © S.S. Kobylkin, V.A. Rudenko, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 30-42  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-30-42>

**Title****TRAINING OF MINERS IN MINE RESCUE****Authors**

Kobylkin S.S.<sup>1</sup>, Rudenko V.A.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Paramilitary Mine Rescue Division' Federal State Unitary Enterprise, Moscow, 115193, Russian Federation

**Authors Information**

**Kobylkin S.S.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Mining Safety and Ecology, e-mail: [kobylkin.s@misis.ru](mailto:kobylkin.s@misis.ru)

**Rudenko V.A.**, First Deputy Director General for Operational and Technical Activities, e-mail: [rescue@vgsch.ru](mailto:rescue@vgsch.ru)

**Abstract**

Mining operations are associated with high risks of accidents. To preserve the life and health of miners, to minimize damage from emergency situations, Paramilitary Mine Rescue Units (VGSC) operate in Russia and auxiliary mine rescue teams (VGK) are being created at mining enterprises. The training of specialists in mining rescue begins in educational institutions of secondary and higher professional education. This article provides information about the current state of training of specialists in higher and secondary specialized educational organizations in the field of mine rescue. The given statistics on the contingent of students, mining universities and technical schools (colleges) allows us to understand the necessary vector of development of educational and methodological programs. The research work carried out will allow the heads of mining enterprises to understand the problems they may face when preparing for emergency rescue operations. The developed classification of universities engaged in the training of mining engineers will help to understand the main problems in educational organizations in the field of shortage of personnel and their level of training. This will allow, in turn, to adjust the state policy in the field of human resource development of the mining industry.

**Keywords**

Mining rescue, Miner, Safety, Mine, Education, University, College.

**References**

1. Kaledina N.O. Engineering training of mine rescue personnel. *Gornyy zhurnal*, 2018, (5), pp. 86-89. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2018.05.14.
2. Puchkov L.A. & Petrov V.L. The system of higher mining education in Russia. *Eurasian Miningthis*, 2017, pp. 57-60. DOI: 10.17580/em.2017.02.14.
3. Petrov V.L. Analytical review of the training system for mining engineers in Russia. *Gornye nauki i tehnologii*, 2022, Vol. 7, (3), pp. 240-259. (In Russ.). DOI: 10.17073/2500-0632-2022-3-240-259.
4. Provisions on labor remuneration and bonuses for employees of the St. Petersburg Mining University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education. Approved by the Rector's Order as of 30.01.2023 No. 103, St. Petersburg, 2023, 8 p. Available at: [https://spmi.ru/sites/default/files/imci\\_images/univer/document/2022/polozhenie-ob-oplate-truda-gornyy-universitet-2023-g.pdf](https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/univer/document/2022/polozhenie-ob-oplate-truda-gornyy-universitet-2023-g.pdf) (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
5. MISIS University of Science and Technology offers its employees. Available at: <https://misis.ru/university/struktura-universiteta/offices/personnel/karta/ppls/> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
6. Ponomaryov V.P. & Puchkov A.L. New paradigm of training managerial staff for the mining industry. *Ugol'*, 2023, (1), pp. 46-50. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-46-50.
7. Vavenkov M.V. VR/AR technologies and staff training for mining industry. *Mining Science and Technology (Russia)*, 2022, (7), pp. 180-187. (In Russ.). DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-180-187.

8. Komaricheva E.I. & Vinogradova O.V. Problems of training specialists to ensure safety in the mining industry. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2023, (2), pp. 88-94. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2023-2-88-94.

9. Vinogradova O.V. The role of personnel in ensuring safety at coal mining enterprises. *Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2021, (2-1), pp. 64-76. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-64-76.

10. Order of the Ministry of Education of Russia as of 26.08.2022, No. 772 Official publication of legal acts. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209290013> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

11. Indicative educational program of secondary vocational education. Level of vocational training. Secondary vocational education. Educational program of training mid-tier specialists. Specialization 21.02.17. *Underground development of mineral deposits*, 2023, (6), pp. 312. (In Russ.).

12. Gendler S.G. & Falova E.S. Application of risk-oriented approach to select the targeted measures in order to reduce the occupational traumatism. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2020, (9), pp. 82-87. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2020-9-82-87.

13. Kolikov K.S., Grishin V.Yu. & Ishkhneli O.G. Accidents and injuries at the coal industry operations. *Ohrana truda i social'noe strahovanie*, 2020, (6), pp. 34-44. (In Russ.).

14. Podobrazhin S.N., Stulskaya T.V. & Zarubina E.S. On enhancing industrial safety at coal industry enterprises. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2023, (3), pp. 40-47. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2023-3-40-47.

15. Vocational standard. Specialist in mine rescue operations at mining facilities, 2023, pp. 55, Website of the Council for Vocational Qualifications in Emergency Safety and Security, Available at: <https://spkchs.ru/upload/a10/Profstandart-Specialist-po-gornospasatelnyim-rabotam.pdf> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

16. Kolikov K.S., Kaledina N.O. & Kobylkin S.S. Department of Mining Safety and Ecology: past, present and future. *Gornyy zhurnal*, 2018, (3), pp. 21-28. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2018.03.04.

17. Agata Bogucka. Mines and Red Rocks CC to collaborate on industry safety training. *Colorado School of Mines: Mines Newsroom*. Available at: <https://www.minesnewsroom.com/news/mines-and-red-rocks-cc-collaborate-industry-safety-training> (accessed 15.10.2023).

18. Prydatko O.V. & Pasnak I.V. Investigation of the processes of the information technologies integration into the training of specialists at mine rescue departments. National Mining University. *Naukovyi Visnyk*, 2017, (1), pp. 108.

19. Henderson N.R., Mischo H. & Brune J.F. Student mine rescue in today's mining engineering curriculum. *International Journal of Mining Engineering*, 2014, (66), pp. 33-37. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/271072757\\_Student\\_mine\\_rescue\\_in\\_todays\\_Mining\\_engineering\\_curriculum](https://www.researchgate.net/publication/271072757_Student_mine_rescue_in_todays_Mining_engineering_curriculum) (accessed 15.10.2023).

**For citation**

Kobylkin S.S. & Rudenko V.A. Training of miners in mine rescue. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 30-42. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-30-42.

**Paper info**

Received September 1, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023



# О качестве жизни населения добывающего арктического региона (Мурманской области)\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-43-47>

Исследование посвящено рассмотрению феномена качества жизни населения добывающего арктического региона – Мурманской области. Подчеркнута стратегическая значимость стабилизации численности населения российской Арктики. Обосновано, что исследования, направленные на выяснение важнейших составляющих качества жизни, являются актуальными и практически значимыми для создания условий устойчивого социально-экономического развития добывающих регионов российской Арктики. Отдельное внимание уделено описанию методики измерения субъективно воспринимаемого (ощущаемого) качества жизни населения добывающего региона – Мурманской области. Приведены результаты измерения индикаторов качества жизни, разделенных на две группы: личное благосостояние (здоровье, трудовая деятельность, жилищные условия, безопасность) и состояние среды жизнедеятельности (рынок труда, социальная инфраструктура, транспортная инфраструктура, досуг и культура). Ранжирование индикаторов по степени удовлетворенности населения Мурманской области позволило установить, что для повышения субъективно воспринимаемого населением региона качества жизни, необходимо в первую очередь улучшить ситуацию в жилищной сфере, социальной инфраструктуре, на рынке труда.

**Ключевые слова:** качество жизни, добывающий регион, российская Арктика, Мурманская область.

**Для цитирования:** Скуфына Т.П., Яковчук А.А. О качестве жизни населения добывающего арктического региона (Мурманской области) // Уголь. 2023. № 11. С. 43-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-43-47.

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из значимых стратегических задач развития российской Арктики является стабилизация численности населения, что предполагает прежде всего сокращение миграционного оттока населения [1, 2, 3, 4]. Значимость решения этой задачи связана, как минимум, с двумя причинами. Во-первых, с необходимостью формирования рынка труда арктических территорий, соответствующего потребностям реализации многочисленных, в том числе и крупнейших, проектов по добыче и переработке минеральных ресурсов Арктики [5, 6, 7, 8]. Во-вторых, с целесообразной синхронизацией социально-экономических процессов российской Арктики с процессами на арктических территориях циркумпольярных стран, что предполагает ориентацию на создание условий для многопоколенного закрепления населения, соблюдение интересов

## СКУФЫНА Т.П.

Доктор экон. наук, профессор,  
главный научный сотрудник  
Института экономических проблем  
им. Г.П. Лузина Федерального  
исследовательского центра  
«Кольский научный центр  
Российской академии наук»,  
184209, г. Апатиты, Россия,  
e-mail: skufina@gmail.com

## ЯКОВЧУК А.А.

Младший научный сотрудник  
Института экономических  
проблем им. Г.П. Лузина  
Федерального исследовательского центра  
«Кольский научный центр  
Российской академии наук»,  
184209, г. Апатиты, Россия,  
e-mail: yakovchukjr@gmail.com

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-01385, <https://rscf.ru/project/22-28-01385/>.

коренных народов Севера, улучшение качества жизни населения [9, 10, 11, 12]. Однако, несмотря на активно проводимую политику, направленную на сокращение миграционного оттока населения трудоспособного возраста с северных территорий, именно миграция остается основным фактором, определяющим численность населения российского Севера и его арктических территорий [12, 13, 14, 15]. Наши многолетние исследования установили, что миграционные потери объясняются не только повышенными издержками проживания на северных территориях, но также проблемой инфраструктурной необустроенности и рядом других составляющих качества жизни населения [4, 11, 16, 17, 18]. В этой связи исследования, направленные на выяснение важнейших составляющих качества жизни, являются актуальными и практически значимыми для создания условий устойчивого социально-экономического развития добывающих регионов российской Арктики.

Целью нашего исследования являлось измерение субъективно воспринимаемого (ощущаемого) качества жизни населения добывающего региона – Мурманской области.

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

Методика оценки качества жизни населения является важным аналитическим инструментом государственной социально-экономической политики, позволяющим определять перспективные направления политики государства, проводить анализ текущего уровня социально-экономического развития страны и межрегиональные сопоставления. Общеизвестный набор принципов исследования феномена «качество жизни» включает требования: всесторонняя оценка; комплексность; универсальность; достоверность, учет специфики объекта исследования [13, 19].

Нами были определены наиболее значимые факторы влияния (индикаторы) на качество жизни. Данная задача решалась в два этапа: анализ существующих подходов к оценке качества жизни и пилотный опрос населения Мурманской области.

Индикаторы были отобраны на основе частоты их использования в массиве изучаемых методик и упоминания

в пилотном опросе, а также возможности их сопоставления с существующими статистическими данными, используемыми при оценке качества жизни населения. Специфика такого отбора подтверждает, что отобранные индикаторы полностью соответствуют указанным выше требованиям к оценке качества жизни.

Далее индикаторы были разделены на две группы: личное благосостояние (здоровье, трудовая деятельность, жилищные условия, безопасность) и состояние среды жизнедеятельности (рынок труда, социальная инфраструктура, транспортная инфраструктура, досуг и культура). Каждый из показателей респонденту предлагалось оценить по шкале от 1 до 5 по возрастающей – от меньшего к большему. Затем был произведен расчет среднего значения по каждому из них.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

По группе индикаторов личного благосостояния средняя оценка составила 3,27 балла из 5 возможных. Наиболее проблемным индикатором здесь являются жилищные условия (рис. 1).

Респонденты часто указывали на высокую стоимость и слишком низкое качество жилищно-коммунальных услуг. Кроме того, по мнению населения Мурманской области, стоимость жилья в регионе неоправданно высокая. Также, несмотря на высокую оценку своего здоровья, респонденты часто указывали на отсутствие возможности получения качественной медицинской помощи.

Наиболее высоко респонденты оценили безопасность жизнедеятельности и достаточно высоко оценили работу служб охраны правопорядка в регионе.

По группе индикаторов «среда жизнедеятельности» средняя оценка составила 3,33 балла из 5 возможных. Наиболее проблемными индикаторами в данной группе являются «социальная инфраструктура» и «ситуация на рынке труда» (рис. 2).

По представленным индикаторам респонденты отмечают низкий уровень здравоохранения в регионе и достаточно низко оценили возможности трудоустройства на высокооплачиваемую/престижную работу и на работу по профильному образованию,

что может являться причиной высокой миграции экономически активного населения. Остальные индикаторы были оценены респондентами выше среднего, что может говорить об удовлетворительном отношении населения Мурманской области по данным пунктам.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если представить полученные в результате анализа социологического опроса данные в виде лепестковой диаграммы (рис. 3), можно отметить, что практически по всем индикаторам удельный их вес превышает степень удовлетворенности. Обратная ситуация наблюдается только по ин-

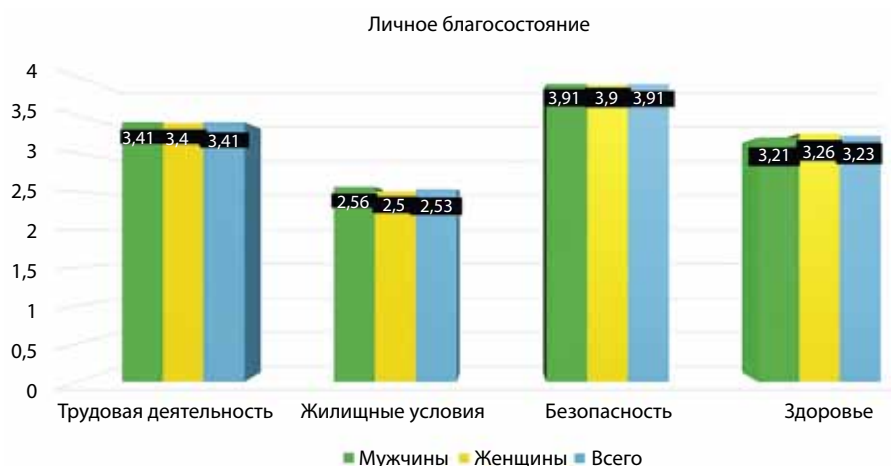


Рис. 1. Усредненные значения по группе индикаторов «Личное благосостояние»

Fig. 1. Averaged values for the "Personal well-being" group of indicators

дикатору «транспортная инфраструктура», который респонденты оценили достаточно высоко.

Также все показатели были ранжированы по степени удовлетворенности, что позволило определить, на какие индикаторы необходимо в первую очередь обратить внимание для повышения качества жизни населения Мурманской области. Ниже среднего были оценены жилищные условия, социальная инфраструктура и ситуация на рынке труда, при этом важность представленных индикаторов для качества жизни была оценена достаточно высоко. Таким образом, есть основания считать, что улучшение ситуации в данных сферах жизнедеятельности окажется наиболее эффективным для повышения качества жизни населения Мурманской области. Отдельно следует подчеркнуть, что для повышения эффективности регулирования миграционных процессов в добывающих регионах российской Арктики следует активнее развивать применение социологических методов исследования, которые гармонично дополняют используемые статистические методы оценки.

**Список литературы**

1. Корчак Е.А. Роль трудового потенциала в устойчивом развитии Арктической зоны России // Арктика и Север. 2019. № 36. С. 5-24. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2019.36.5.
2. Экономическое пространство российской Арктики и пенсионная реформа: оценки, риски, последствия. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2022. 242 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.473.0.
3. Скуфьина Т.П., Баранов С.В., Самарина В.П. Анализ документов прогнозирования социально-экономического развития российской Арктики // Арктика и Север. 2022. № 48. С. 57-74. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.48.57.
4. Скуфьина Т.П. Теоретические и методические основы анализа и регулирования развития региональных систем (на примере зоны Севера). Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. 215 с.
5. Larchenko L.V., Kolesnikov R.A., Mukhametova L. Russian oil and gas industry as a sphere of international interests and economic cooperation / E3S Web of Conferences: International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2020, Prague, Czech Republic, 27-28 February 2020, Prague, 2020, vol. 161, 01106. DOI: 10.1051/e3sconf/202016101006.
6. Russian Arctic Areas: Sustainable Development / L.N. Babkina, O.V. Skotareno, S.V. Tsareva et al. / Lecture Notes in Civil Engineering, 2023. Vol. 206, Springer, Cham, pp. 55-67. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-99626-0\_6.
7. Serova N.A. The Analysis of Changes in the Industry Structure of Investment in the Russian Arctic Zone // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. 2021. Vol. 527. P. 605-609. DOI: 10.2991/assehr.k.210322.184.
8. Скуфьин П.К., Самарина В.П. Освоение угольных месторождений Арктической зоны России // Уголь. 2022. № 11. С. 69-74. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-69-74.
9. Volkov A., Tishkov S. Legal-economic regime of the Russian Arctic region in the international legal environment: evolution and development pathways / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, Vol. 539. DOI: 10.1088/1755-1315/539/1/012053.
10. The impact of economic interests on eco-consumption: the case of the Russian Arctic Zone of Karelia / V. Karginova-Gubinova, A. Volkov, S. Tishkov et al. // Entrepreneurship and Sustainability. 2021. Is. 8. Vol. 4. P. 68-84. DOI: 10.9770/jesi.2021.8.4(4).
11. Самарина В.П., Скуфьина Т.П., Самарин А.В. Перспективы жизни и работы в Арктике: мнения работников горного предприятия // Уголь. 2022. № 4. С. 28-33. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-28-33.

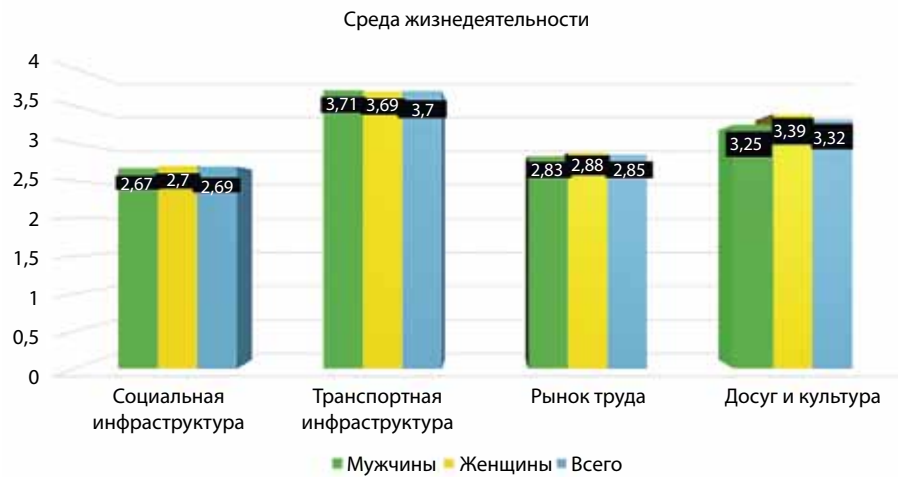


Рис. 2. Усредненные значения по группе индикаторов «Среда жизнедеятельности»  
 Fig. 2. Averaged values for the "Living Environment" group of indicators



Рис. 3. Сопоставление степени удовлетворенности и удельного веса индикаторов  
 Fig. 3. Comparison of the satisfaction degree and the specific weight of the indicators



12. Фаузер В.В., Смирнов А.В. Миграции населения российской Арктики: модели, маршруты, результаты // Арктика: экология и экономика. 2020. № 4. С. 4-18. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-4-4-18.
13. Volkov A. Human capital of the Karelian Arctic in the implementation of the special economic regime of the region // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 217. 07028. DOI: 10.1051/e3sconf/202021707028.
14. Социально-экономическая динамика и перспективы развития российской Арктики с учетом геополитических, макроэкономических, экологических и минерально-сырьевых факторов. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2021. 209 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.458.7.
15. Социально-демографические процессы в российской Арктике в статистических оценках и опросах населения / Т.П. Скуфьина, В.П. Самарина, С.В. Баранов и др. // Арктика и Север. 2021. № 45. С. 127–149. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.44.127.
16. Баранов С.В., Скуфьина Т.П. Статистический анализ дифференциации регионов зоны Севера в общероссийском контексте // Вопросы статистики. 2005. № 11. С. 35-45.
17. Скуфьина Т.П. Расчет трансакционных издержек потребительского рынка (по результатам обследования потребительского рынка Мурманской области) // Проблемы прогнозирования. 2003. № 4. С. 138-143.
18. Скуфьина Т.П., Баранов С.В. Добывающие регионы российской Арктики во время пандемии: экономико-статистические оценки // Уголь. 2022. № 11. С. 74-80. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-74-80.
19. Гаврилова Т.В. Принципы и методы исследования качества жизни населения // Технологии качества жизни. 2004. Т. 4. № 2. С. 1–11.

## Original Paper

UDC 332.1:331.522 © Т.П. Skufina, A.A. Yakovchuk, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 43-47  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-43-47>

## Title

## ON THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION IN THE ARCTIC MINING REGION (MURMANSK REGION)

## Authors

Skufina T.P.<sup>1</sup>, Yakovchuk A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Luzin Institute for Economic Studies — Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences», Apatity, 184209, Russian Federation

## Authors Information

**Skufina T.P.**, Doctor of Economics Sciences, Professor, Chief Researcher, e-mail: [skufina@gmail.com](mailto:skufina@gmail.com)

**Yakovchuk A.A.**, Junior Researcher, e-mail: [yakovchukjr@gmail.com](mailto:yakovchukjr@gmail.com)

## Abstract

The study deals with the phenomenon of the quality of life of the population of the extractive Arctic region – the Murmansk Oblast. It emphasizes the strategic importance of stabilizing the population size in the Russian Arctic. It proves that research aimed at identifying the most important components of the quality of life is relevant and practically important for creating conditions for sustainable socio-economic development of the extractive regions of the Russian Arctic. Special attention is paid to the description of the methodology for measuring the subjectively perceived (perceived) quality of life of the population of the extractive region – Murmansk Oblast. The paper presents the results of measuring the indicators of the quality of life divided into two groups: personal well-being (health, labour activity, living conditions, safety) and the state of the living environment (labour market, social infrastructure, transport infrastructure, leisure and culture). The ranking of indicators according to the degree of satisfaction by the population of the Murmansk Oblast has established that in order to improve subjectively perceived quality of life by the population of the region it is necessary to improve the situation in the housing sphere, social infrastructure and labour market in the first place.

## Keywords

Quality of life, Extractive region, Russian Arctic, Murmansk region.

## References

1. Korchak E.A. The role of labor potential in the sustainable development of the Russian Arctic. *Arctic and North*, 2019, (36), pp. 5-23. (In Russ.). DOI: 10.17238/issn2221-2698.2019.36.5.
2. The economic space of the Russian Arctic and pension reform: assessments, risks, consequences. Apatity, Publishing House of the KNC RAS, 2022, 242 p. (In Russ.). DOI: 10.37614/978.5.91137.473.0.
3. Skufina T.P., Baranov S.V. & Samarina V.P. Analysis of Forecasting Documents for the Socio-Economic Development of the Russian Arctic. *Arctic and North*, 2022, (48), pp. 57–74. (In Russ.). DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.48.57.
4. Skufina T.P. Theoretical and methodological bases of analysis and regulation of the regional systems development (by the example of the Northern zone). Voronezh, Publishing house of the Voronezh State University, 2005, 215 p.
5. Larchenko L.V., Kolesnikov R.A. & Mukhametova L. Russian oil and gas industry as a sphere of international interests and economic cooperation. E3S Web of Conferences: International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2020, Prague, Czech Republic, 27-28 February 2020, Prague, 2020, (161), 01106. DOI: 10.1051/e3sconf/202016101006.
6. Babkin L.N., Skotarenko O.V., Tsareva S.V., Nikitin Y.A. & Khatsenko E.S. Russian Arctic Areas: Sustainable Development. Lecture Notes in Civil Engineering, 2023, (206), pp. 55-67. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-99626-0-6>.
7. Serova N.A. The Analysis of Changes in the Industry Structure of Investment in the Russian Arctic zone. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 2021, (527), pp. 605-609. DOI: 10.2991/assehr.k.210322.184.
8. Skufina T.P. & Samarina V.P. Concerning development of coal deposits in Russia's Arctic zone. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 69-74. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-69-74.
9. Volkov A. & Tishkov S. Legal-economic regime of the Russian Arctic region in the international legal environment: evolution and development pathways. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, (539). DOI: 10.1088/1755-1315/539/1/012053.
10. Karginova-Gubinova V., Volkov A., Tishkov S. & Shcherba A. The influence of economic interests on environmental consumption: on the example of the Russian Arctic zone of Karelia. *Entrepreneurship and Sustainability*, 2021, 8(4):68-84. DOI: 10.9770/jesi.2021.8.4(4).
11. Samarina V.P., Skufina T.P. & Samarina A.V. Prospects for life and work in the Arctic: mining employees' opinions. *Ugol'*, 2022, (4), pp. 28-33. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-28-33.
12. Fauzer V.V. & Smirnov, A.V. Migration of the Russian Arctic population: models, routes, results. *Arctic: ecology and economy*, 2020, 4(40), pp. 4-18. (In Russ.). DOI: 10.25283/2223-4594-2020-4-4-18.

## SOCIAL &amp; ECONOMIC ACTIVITY

13. Volkov A. Human capital of the Karelian Arctic in the implementation of the special economic regime of the region. *E3S Web of Conferences*, 2020, (217), 07028. DOI: 10.1051/e3sconf/202021707028.
14. Socio-economic dynamics and prospects for the development of the Russian Arctic, taking into account geopolitical, macroeconomic, environmental and mineral resource factors. Apatity, Publishing House of the KNC RAS, 2021, 209 p. (In Russ.). DOI: 10.37614/978.5.91137.458.7.
15. Skufina T.P., Samarina V.P., Baranov S.V. & Bazhutova E.A. Socio-Demographic Processes in the Russian Arctic in Statistical Assessments and Population Surveys. *Arctic and North*, 2021, (45), pp. 127–149. (In Russ.). DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.44.127.
16. Baranov S.V. & Skufina T.P. Statistical analysis of differentiation of Northern regions in the all-Russian context. *Voprosy statistiki*, 2005, (11), pp. 35–45. (In Russ.).
17. Skufina T.P. Calculation of transaction costs of the consumer market (based on the results of a survey of the consumer market in the Murmansk region). *Problems of Forecasting*, 2003, (4), pp. 138–143.

18. Skufina T.P. & Baranov S.V. The extractive regions of the Russian Arctic during the pandemic: economic and statistical assessments. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 74–80. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-74-80.
19. Gavrilova T.V. Principles and Methods of Quality of Life Survey. *Quality of Life Technologies*, 2004, (4), pp. 1–11. (In Russ.).

**Acknowledgements**

The research was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 22-28-01385.

**For citation**

Skufina T.P. & Yakovchuk A.A. On the quality of life of the population in the Arctic mining region (Murmansk region). *Ugol'*, 2023, (11), pp. 43–47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-43-47.

**Paper info**

Received May 29, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

## Очередной выпуск учащихся осуществила Школа социального предпринимательства СУЭК

Теперь выпускники могут начинать подготовку к конкурсу социально-предпринимательских проектов «Созидание» и – в случае победы – получить грант на реализацию своих бизнес-идей.

Школу социального предпринимательства, как и конкурс «Созидание», организуют СУЭК и Фонд «СУЭК – РЕГИОНАМ». Основная цель мероприятий – содействовать социально-экономическому развитию территорий за счет внедрения востребованных услуг. Действующих предпринимателей, работников бюджетных организаций, предоставляющих услуги населению, обучают основам ведения социального бизнеса. При поддерж-



ке экспертов они разрабатывают и воплощают бизнес-идеи. У них также есть возможность получить грант на реализацию своих инициатив.

Обучение слушателей из Красноярского, Хабаровского, Приморского краев, Новосибирской и Кемеровской областей, республик Бурятия и Хакасия проходит в Красноярске. Накануне состоялась завершающая сессия для учащихся 2023 г. С апреля они посещали семинары, работали над проектами, которые защищали в ходе сессии.

«Я не первый год занимаюсь бизнесом, но под огромным впечатлением от Школы социального предпринимательства – от новых знаний, их объема и качества. Фиксировала все. Один из моих проектов – обучение студентов 3-4 курсов СУЗов навыкам самостоятельной предпринимательской деятельности. Это схожая тематика с курсом Школы. И я обязательно применю полученные знания в своем проекте», – говорит **директор АНО «Назаровский бизнес-инкубатор» из Красноярского края Анна Старикова**.

Добавим, что Школа социального предпринимательства действует с 2012 г. За это время свыше 45 тысяч жителей регионов присутствия СУЭК, СГК и НТК получили возможность пользоваться услугами, внедренными выпускниками Школы. Оператор проекта – АНО «Новые технологии развития».

Пресс-служба АО «СУЭК»

# Система управления ликвидностью угольной компании при использовании заемного капитала

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-48-53>

## КОРШУНОВА Л.Н.

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры «Экономика»  
НИТУ «МИСИС»,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: [lnkorshunova76@gmail.com](mailto:lnkorshunova76@gmail.com)

## САВОН Д.Ю.

Доктор экон. наук,  
профессор кафедры «Экономика»  
НИТУ «МИСИС»,  
119991, г. Москва, Россия,  
e-mail: [di199@yandex.ru](mailto:di199@yandex.ru)

## БОРИСОВА Л.В.

Доктор экон. наук, профессор,  
зав. кафедрой «Менеджмент  
и бизнес-технологии»  
ФГБОУ ВО «Донской государственный  
технический университет»,  
344010, г. Ростов-на-Дону, Россия,  
e-mail: [borisovalv09@mail.ru](mailto:borisovalv09@mail.ru)

## САФРОНОВ А.Е.

Доктор экон. наук,  
профессор кафедры «Менеджмент  
и бизнес-технологии»,  
ФГБОУ ВО «Донской государственный  
технический университет»,  
344010, г. Ростов-на-Дону, Россия,  
e-mail: [reception@dstu.edu.ru](mailto:reception@dstu.edu.ru)

В статье обоснована важность анализа и обеспечения достаточного уровня ликвидности компании, что связано как с необходимостью поддержания состояния финансовой устойчивости, так и с возможностью использования дополнительных ресурсов для развития в виде заемных средств, для привлечения которых требуются определенные показатели ликвидности. Исследована ликвидность компании АО «Русский уголь» за последние два года. Выявлено, что показатели ликвидности снижались в течение этого периода, компания терпела убытки, следовательно, требуется осуществление мероприятий по восстановлению уровня ликвидности. Проведенный анализ факторов первого и второго порядка позволяет утверждать, что АО «Русский уголь» нужно уделить внимание управлению дебиторской и кредиторской задолженностью. В качестве мероприятий по восстановлению ликвидности компании предложено использовать факторинг и конверсию рент. Доказана эффективность использования указанных мероприятий.

**Ключевые слова:** ликвидность, заемные средства, дебиторская и кредиторская задолженность, факторинг, конверсия рент.

**Для цитирования:** Система управления ликвидностью угольной компании при использовании заемного капитала / Л.Н. Коршунова, Д.Ю. Савон, Л.В. Борисова и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 48-53. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-48-53.

## ВВЕДЕНИЕ

Успешная деятельность любой компании подразумевает наличие у нее устойчивого финансового состояния. При этом ее способность в полном объеме и в оговоренные сроки выполнять долговые обязательства имеет первостепенное значение. Предприятия целого ряда отраслей, в том числе угольной, испытывали кризисные явления, связанные с пандемией COVID-19 [1, 2, 3, 4]. Кроме того, большая часть российских компаний в настоящее время испытывает санкционное давление [5], а предприятия угольной промышленности еще и давление, связанное с негативным влиянием отрасли на окружающую среду, что становится причиной отказа крупных инвесторов финансировать крупные проекты в угольной отрасли [6, 7, 8, 9]. При этом конкурентный резерв отрасли был сформирован в условиях активной государственной поддержки и постепенно исчерпывается [10]. В этих условиях обеспечение достаточного уровня ликвидности является необходимым условием существования и развития предприятия.

Достоверное определение уровня ликвидности компании можно обозначить как одну из наиболее значимых проблем, поскольку недостаточ-



ная ликвидность – это основная причина отсутствия необходимых ресурсов для развития, а иногда и просто для текущей деятельности компании, могущая привести к снижению платежеспособности, а в наиболее серьезных случаях – к банкротству.

Недостаточная ликвидность, как правило, обусловлена неразумным сочетанием собственных и заемных источников финансирования деятельности компании, ростом кредиторской задолженности, что приводит к снижению привлекательности для инвесторов и кредиторов.

Анализ ликвидности компании особенно актуален при необходимости привлечения заемных ресурсов, так как показатели ликвидности будут влиять на решение потенциальных кредиторов о финансировании.

Объектом изучения данного исследования являются процессы, влияющие на показатели ликвидности АО «Русский уголь», в первую очередь, с точки зрения использования заемных средств. Предметом исследования являются методика анализа ликвидности компании и практика ее применения при формировании структуры капитала.

Целью исследования является разработка мероприятий по повышению эффективности управления ликвидностью компании при финансировании ее деятельности из заемных источников.

### АНАЛИЗ ЛИКВИДНОСТИ АО «РУССКИЙ УГОЛЬ»

Анализ ликвидности компании следует начать с анализа ликвидности ее баланса, которая характеризуется степенью покрытия обязательств компании ее активами. Для этого необходимо провести группировку активов по степени ликвидности и обязательств по степени срочности погашения. В *таблице 1* представлен модифи-

цированный баланс предприятия за 2021-2022 гг. Отметим, что именно в этот период деятельность рассматриваемой компании стала убыточной, что сказалось и на показателях ликвидности. Также отметим, что для предприятий угольной промышленности ситуация убыточности была нередкой [11].

Данные *таблицы 1* свидетельствуют о том, что баланс АО «Русский уголь» не являлся абсолютно ликвидным в течение рассматриваемого периода, так как не все требуемые для этого соотношения выполнялись.

Соотношение  $A_1 \geq \Pi_1$  не выполнялось, по этому показателю наблюдался платежный недостаток в размере соответственно 16768274 и 79424744 тысяч рубля. Соотношение  $A_2 \geq \Pi_2$ , напротив, выполнялось в течение двухлетнего периода. Таким образом, нарушения текущей ликвидности у компании не наблюдалось. Соотношение  $A_3 \geq \Pi_3$  не выполнялось, однако происходило постепенное снижение платежного недостатка. В 2021 году его значение и составило 4067328 тыс. руб., а в 2022 году 731369 тыс. руб. Наконец, четвертое неравенство  $A_4 \leq \Pi_4$ , подтверждающее наличие у компании собственных оборотных средств и носящее «балансирующий» характер, также не выполнялось в указанные два года.

В *таблице 2* приведены основные относительные показатели ликвидности компании согласно методике, рекомендованной для проведения анализа финансово-хозяйственной деятельности организаций [13].

Из данных *таблицы* следует, что ни по одному из показателей компании не удалось достигнуть рекомендуемых значений. Более того, все коэффициенты ликвидности показали отрицательную динамику.

Особое внимание следует обратить на коэффициент текущей ликвидности. С точки зрения кредиторов, его зна-

Таблица 1

### Анализ ликвидности баланса АО «Русский уголь» за 2021–2022 гг.

Analysis of accounting liquidity of the Russian Coal JSC for 2021-2022

Актив	Годы		Отклонение	Пассив	Годы		Отклонение
	2021	2022			2021	2022	
Наиболее ликвидные активы (A <sub>1</sub> )	2557074	1777459	-779615	Наиболее срочные обязательства (Π <sub>1</sub> )	19325348	81202203	61876855
Быстро реализуемые активы (A <sub>2</sub> )	11492598	20331807	8839209	Краткосрочные пассивы (Π <sub>2</sub> )	2125640	3449164	1323524
Медленно реализуемые активы (A <sub>3</sub> )	1980629	4399676	2419047	Долгосрочные пассивы (Π <sub>3</sub> )	6047957	3668307	-2379650
Труднореализуемые активы (A <sub>4</sub> )	14729689	30913403	16183714	Постоянные пассивы (Π <sub>4</sub> )	3261045	-30897329	-34158374
Баланс	30759990	57422345	26662355	Баланс	30759990	57422345	26662355

Источник: составлено авторами по [12]

Таблица 2

### Показатели ликвидности АО «Русский уголь» за 2021–2022 гг.

Liquidity figures of the Russian Coal JSC for 2021-2022

Показатели	2021 г.	2022 г.	Нормативное значение
Коэффициент текущей ликвидности	0,747	0,313	> 2
Коэффициент быстрой (промежуточной) ликвидности	0,65	0,26	> 1
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,12	0,02	> 0,2
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	-2,13	-0,33	>0,1

чение, равное 2, говорит об удовлетворительной структуре баланса и рациональной финансовой политике, а следовательно, о привлекательности данной компании для вложений. Поскольку коэффициент текущей ликвидности не достигает рекомендуемых значений, следует провести анализ факторов, влияющих на его изменение, для выявления резервов его повышения.

В первую очередь необходимо определить, как изменился коэффициент ликвидности за счет факторов первого порядка. В качестве текущего значения показателей будем использовать данные 2022 г., а в качестве базисных – данные 2021 г.

$$K_{т.л.0} = \frac{OA_0}{КФО_0} = \frac{16030301}{21450988} = 0,747,$$

где  $K_{т.л.0}$  – коэффициент текущей ликвидности в базисном периоде;  $OA_0$  – оборотные активы в базисном периоде;  $КФО_0$  – краткосрочные финансовые обязательства в базисном периоде.

$$K_{т.л.усл.} = \frac{OA_1}{КФО_0} = \frac{26508942}{21450988} = 1,236,$$

где  $K_{т.л.усл.}$  – условный коэффициент текущей ликвидности;  $OA_1$  – оборотные активы в текущем периоде;  $КФО_0$  – краткосрочные финансовые обязательства в базисном периоде.

$$K_{т.л.1} = \frac{OA_1}{КФО_1} = \frac{26508942}{84651367} = 0,313,$$

где  $K_{т.л.1}$  – коэффициент текущей ликвидности в текущем периоде;  $OA_1$  – оборотные активы в текущем периоде;  $КФО_1$  – краткосрочные финансовые обязательства в текущем периоде.

Изменение уровня коэффициента текущей ликвидности общее:

$$0,313 - 0,747 = -0,434;$$

в том числе за счет изменения:

$$\begin{aligned} & \text{суммы оборотных активов } 1,236 - 0,747 = 0,489, \\ & \text{суммы текущих обязательств } 0,313 - 1,236 = -0,923. \end{aligned}$$

Из расчетов следует, что изменение суммы оборотных активов оказало влияние на изменение уровня коэффициента текущей ликвидности в сторону увеличения. Однако влияние суммы текущих обязательств в сторону снижения было более значительным.

Для разложения полученных факторов на факторы второго порядка был использован метод пропорционально деления. Результаты расчетов представлены в *табл. 3*.

Разложение полученных результатов на факторы второго порядка может несколько изменить итоговые выводы. Так, анализ факторов первого порядка установил, что изменение оборотных активов оказало положительное влияние на коэффициент ликвидности. Однако анализ факторов второго порядка свидетельствует, что это влияние обусловлено в основном ростом дебиторской задолженности, что не всегда является позитивным фактором и требует анализа качества задолженности. Наибольшее же влияние в сторону снижения коэффициента ликвидности обусловлено ростом кредиторской задолженности у компании. Несбалансированный рост этой позиции негативно влияет на ликвидность компании.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что компании необходимо искать пути ускорения оборачиваемости дебиторской задолженности и удешевления кредитов.

Для ускорения оборачиваемости дебиторской задолженности может быть использован факторинг. Рассмотрим варианты оказания услуг от нескольких факторинговых компаний, выделяя ряд характеристик, наиболее привлекательных для внедрения на предприятии. Расчет затрат на факторинговые услуги представлен в *табл. 4* для искового требования в размере 400 тыс. руб.

Согласно данным *табл. 4* можно сделать вывод о том, что самым выгодным будет заключение договора об оказании факторинговых услуг с компанией ПАО «ВТБ Факторинг», исходя из того, что компания предлагает минимальную стоимость оказания услуг с регрессом и без.

АО «Русский уголь» по условиям договора с ПАО «ВТБ Факторинг» получит сумму платежа от банка в размере 90% от суммы реализованных требований, то есть 360000 руб. Данную сумму АО «Русский уголь» может использо-

Таблица 3

**Расчет влияния факторов второго порядка на изменение коэффициента текущей ликвидности АО «Русский уголь»**

Calculation of the impact of the second-order factors on the changes in the current liquidity ratio Russian Coal JSC

Фактор	Абсолютный прирост, тыс. руб.	Доля фактора в общей сумме прироста, %	Уровень влияния
Изменение суммы оборотных активов	10478641	100,0	0,488
В том числе:			
– запасов (включая НДС)	2419047	23,1	0,113
– дебиторской задолженности	8824041	84,2	0,411
– денежных средств	-779615	-7,3	-0,036
Изменение суммы краткосрочных обязательств	63200379	100,0	-0,923
В том числе:			
– оценочных и прочих обязательств	776299	1,2	-0,011
– кредиторской задолженности	61876855	97,9	-0,903
– заемных средств	547225	0,9	-0,008

## Расчет затрат на факторинговые услуги

Calculation of factoring services costs

Показатель	Формула	Факторинговая компания		
		ООО «Факторинговая компания «Флагман»	ПАО «Промсвязьбанк»	ПАО «ВТБ Факторинг»
Плата за денежное финансирование по факторингу, руб.	$\Pi_{\text{дф}} = ДЗ \cdot Т \cdot \Pi_{\text{к}^2}$	42000	38400	38400
Плата за риск невозврата дебитором задолженности при факторинге без регресса, руб.	$\Pi_{\text{лр}} = ДЗ \cdot Т \cdot \Pi_{\text{р}^3}$	24000	24000	18000
Комиссия, руб.	$К = ДЗ \cdot \Pi_{\text{к}^2}$	6000	10000	8000
Итого затраты на факторинг без регресса, руб.	(п. 1 + п. 2 + п. 3)	72000	72400	64400
Итого затраты на факторинг с регрессом, руб.	(п. 1 + п. 3)	48000	48400	46400

вать для погашения части долгов. Таким образом, применение услуги факторинга целесообразно для рассматриваемой компании.

Обратимся теперь к конверсии рент как способу снижения долговой нагрузки на предприятие и улучшения его ликвидности.

Современный кредитный рынок предлагает такую разновидность конверсии рент, как рефинансирование кредитов [14]. Сущность операции сводится к замене одного или нескольких параметров предыдущей ренты. Неизменной должна оставаться лишь современная стоимость долга. Так, например, при наличии текущей задолженности в размере 323000000 руб., ставке 21% годовых и ежемесячной выплате 10001920 руб. в течение четырех лет предлагается замена на кредит с годовой ставкой 12,9%, ежемесячной выплатой 7332719 руб. сроком пять лет (первый вариант). Или заменяющая рента может иметь параметры: 12,9% годовых, четыре года и 8649259 руб. ежемесячной выплаты (второй вариант). Расчет современной стоимости таких рент осуществляют по формуле:

$$A = R \frac{1 - \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{-mn}}{i}$$

где  $R$  – размер ежегодного платежа ренты;  $i$  – годовая норма дисконта;  $n$  – срок ренты;  $m$  – число регулярных выплат в течение года.

Рассчитав современные стоимости заменяемой и заменяющих рент, получим следующие значения:

- для заменяемой ренты – 323000016,99 руб.;
- для первого варианта заменяющей ренты – 323000022,47 руб.;
- для второго варианта заменяющей ренты – 323000020,08 руб.

Как видим, современные стоимости всех трех видов рент почти не отличаются (разница не превышает нескольких рублей), следовательно, принцип финансовой эквивалентности выполняется. При этом для потребителя данной финансовой услуги номинальная суммарная выплата по заменяемой ренте составила бы 480092160 руб. (10001920 руб. × 48 мес.). Первый вариант замены дает результат 439963140 руб. (7332719 руб. × 60 мес.). Второй вариант обойдется заемщику в 415164432 руб. (8649259 руб. × 48 мес.). В обоих случаях суммарные вы-

платы по заменяющим рентам меньше, чем по исходной ренте, что является привлекательным для заемщиков.

Таким образом, конверсия финансовых рент является инструментом, способным помочь хозяйствующим субъектам оптимизировать свои денежные потоки и более рационально пользоваться заемными источниками финансирования своей деятельности. Отметим, что прежде, чем осуществлять описанные мероприятия компании, необходимо провести оценку возможных рисков, так как любой переход предприятия как системы из одного состояния в другое влечет за собой возможность возникновения рисков, требующих применения риск-менеджмента [15]. Принятие решения о целесообразности конверсии в большой мере зависит от сложившейся рыночной нормы доходности, а также от предполагаемого срока рассматриваемых вариантов заимствования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном научном исследовании применена процедура анализа ликвидности и платежеспособности путем группировки активов и пассивов и расчета соответствующих коэффициентов. Выявлено, что баланс АО «Русский уголь» не являлся абсолютно ликвидным в течение рассматриваемого периода, что говорит о необходимости поиска резервов повышения ликвидности. Для выявления резервов ликвидности был проведен факторный анализ коэффициента ликвидности с учетом факторов первого и второго порядка. Факторный анализ показал, что основное влияние на изменение показателя ликвидности в сторону повышения оказало изменение суммы оборотных активов, а в сторону снижения – рост текущих обязательств. При этом из анализа факторов второго порядка следует, что существенными были изменения дебиторской задолженности и кредиторской задолженности, что говорит о необходимости целенаправленного воздействия на эти статьи баланса. Компании было предложено использование инструмента факторинга, эффективность которого подтверждена расчетами, а также конверсии рент, которая является инструментом, способным помочь хозяйствующим субъектам оптимизировать свои денежные потоки и более рационально пользоваться заемными источниками финансирования своей деятельности.



## Список литературы

1. Влияние кризиса на финансовый результат деятельности угольной отрасли / Д.Ю. Савон, А.Е. Сафронов, Н.О. Вихрова и др. // Уголь. 2022. № 11. С. 62-68. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-62-68.
2. Краснянский Г.Л., Сарычев А.Е. Влияние пандемии COVID-19 на мировой рынок энергетического угля // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. № 12. С. 147-152. DOI: 10.36871/ek.up.r.2020.12.05.017.
3. Дагилис Е.В. Влияние пандемии коронавируса на российский экспорт энергетического угля // Российский внешнеэкономический вестник. 2020. № 9. С. 106-114. DOI: 10.24411/2072-8042-2020-10095.
4. Современные тенденции развития угольной промышленности с учетом влияния пандемии / А.М. Лялин, А.В. Зозуля, Т.Н. Еремина и др. // Уголь. 2021. № 5. С. 62-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
5. Comprehensive Assessment of Potential of the Russian Metallurgical Industry under Sanctions Pressure / A.N. Semin, Y.Y. Kostyukhin, A.A. Brodov, et al. // Steel Transl. 2022. No 52. P. 804-808. DOI: 10.3103/S0967091222080137.
6. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А. Парижское соглашение по климату, Covid-19 и водородная энергетика – новые реалии добычи и потребления угля в странах ЕС и Азии в период до 2040 года // Горная промышленность. 2021. № 1. С. 83-90. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-83-90.
7. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Ershova I.G. Modelling of energy efficiency factors of petrochemical industry // International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. № 10. P. 465-470. DOI: <https://doi.org/10.32479/ijee.9396>.
8. Самарина В.П., Скуфьина Т.П., Савон Д.Ю. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения // Уголь. 2021. № 7. С. 20-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.
9. Чернова О.А. Стрессовые факторы устойчивого развития угольной промышленности России // Journal of Applied Economic Research. 2022. № 1. С. 49-78. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.
10. Modern conditions and prospects of Russia's coal mining industry development / V. Samarina, T. Skufina, A. Samarin et al. // Espacios. 2019. Vol. 40. No. 16. P. 6.
11. Угольная промышленность районов Крайнего Севера: специфические особенности, текущее положение и концепция развития / М.С. Гончаров, Д.Ю. Савон, А.Е. Сафронов и др. // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 1. С. 95-107. DOI: 10.37614/2220-802X.1.2023.79.006.
12. АО «Русский уголь»: бухгалтерская отчетность и финансовый анализ. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.audit-it.ru/buh\\_otchet/7705880068\\_ao-russkiy-ugol](https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7705880068_ao-russkiy-ugol) (дата обращения: 15.10.2023).
13. Российская Федерация. Госкомстат. Методологические рекомендации по проведению анализа финансово-хозяйственной деятельности организаций (утв. Госкомстатом России 28.11.2002). КонсультатПлюс. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_142116/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142116/) (дата обращения: 15.10.2023).
14. Коршунова Л.Н., Рудская И.Б. Конверсия финансовых рент как способ оптимизации использования заемного капитала // Научные исследования и разработки. Экономика. 2018. № 4. Т. 6. С. 42-45.
15. Forming a risk management system based on the process approach in the conditions of economic transformation / E. Sidrova, Y. Kostyukhin, L. Korshunova et al. // Risks. 2022, 10(5), 95.

Original Paper

UDC 332.365 © L.N. Korshunova, D.Yu. Savon, L.V. Borisova, A.E. Safronov, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 48-53  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-48-53>

## Title

### LIQUIDITY MANAGEMENT SYSTEM OF A COAL COMPANY USING LOAN CAPITAL

## Authors

Korshunova L.N.<sup>1</sup>, Savon D.Yu.<sup>1</sup>, Borisova L.V.<sup>2</sup>, Safronov A.E.,

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

<sup>2</sup> FGBOU VO "Don State Technical University", Rostov-on-Don, 344010, Russian Federation

## Authors Information

**Korshunova L.N.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Economy, e-mail: [lnkorshunova76@gmail.com](mailto:lnkorshunova76@gmail.com)

**Savon D.Yu.**, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economy, e-mail: [di199@yandex.ru](mailto:di199@yandex.ru)

**Borisova L.V.**, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Management and Business Technologies, e-mail: [borisovalv09@mail.ru](mailto:borisovalv09@mail.ru)

**Safronov A.E.**, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Management and Business Technologies, e-mail: [reception@dstu.edu.ru](mailto:reception@dstu.edu.ru)

## Abstract

The article substantiates the importance of analyzing and ensuring sufficient condition of the company's liquidity, which is associated both with the need to maintain an acceptable level of financial stability, and with the possibility of using additional resources for development in the form of borrowed funds, which require certain liquidity indicators to attract. The liquidity of the

company JSC "Russkiy Ugol" was examined over the past two years. The liquidity indicators appeared to be decreased during this period, the company suffered losses, which requires the measures to restore the level of liquidity. The analysis of the first and second order factors suggests that JSC "Russkiy Ugol" needs to pay attention to the management of receivables and payables. It is proposed to use factoring and rent conversion as measures to restore the liquidity of the company. The effectiveness of the use of these measures has been proven.

## Keywords

Liquidity, Borrowings, Receivables and payables, Factoring, Rent conversion.

## References

1. Savon D.Yu., Safronov A.E., Vikhrova N.O., Krzhukova G.V. & Goncharov M.S. Impact of the crisis on the financial performance of the coal industry. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 62-68. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-62-68.

ECONOMICS

2. Krasnyansky G.L. & Sarychev A.E. Impact of the COVID-19 pandemic on the global energy coal market. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2020, (12), pp. 147-152. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2020.12.05.017.
3. Dagilis E.V. Impact of coronavirus pandemic on Russian exports of power generating coal. *Rossiiskij vneshneekonomicheskij vestnik*, 2020, (9), pp. 106-114. (In Russ.). DOI: 10.24411/2072-8042-2020-10095.
4. Lyalin A.M., Zozulya A.V., Eremina T.N. & Zozulya P.V. Current trends in the development of the coal industry, taking into account the impact of the pandemic. *Ugol'*, 2021, (5), pp. 62-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
5. Semin A.N., Kostyukhin Y.Y., Brodov A.A. et al. Comprehensive Assessment of Potential of the Russian Metallurgical Industry under Sanctions Pressure. *Steel Transl*, 2022, (52), pp. 804–808 DOI: 10.3103/S0967091222080137.
6. Plakitkina L.S. & Plakitkin Yu.A. Paris Agreement on Climate Change, COVID-19 and Hydrogen Energy – New Realities of Coal Mining and Consumption in the EU and Asia in the Period until 2040. *Gornaya promyshlennost'*, 2021, (1), pp. 83-90. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-83-90.
7. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S. & Ershova I.G. Modelling of energy efficiency factors of petrochemical industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2020, (10), pp. 465-470. DOI: <https://doi.org/10.32479/ijeeep.9396>.
8. Samarina V.P., Skufina T.P. & Savon D.Yu. Comprehensive assessment of sustainable development of mining and metallurgical holdings: problems and mechanisms of their resolution. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 20-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.
9. Chernova O.A. Stress factors of sustainable development of the Russian coal industry. *Journal of Applied Economic Research*, 2022, (1), pp. 49-78. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.
10. Samarina V., Skufina T., Samarin A. & Ushakov D. Modern conditions and prospects of Russia's coal mining industry development. *Espacios*, 2019, Vol. 40, (16), pp. 6.
11. Goncharov M.S., Savon D.Yu., Safronov A.E. & Ryadnov V.I. The coal industry in the Far North: distinctive features, current status and a development concept. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka*, 2023, (1), pp. 95-107. (In Russ.). DOI: 10.37614/2220-802X.1.2023.79.006.
12. Russian coal JSC: accounting statements and financial analysis. [Electronic resource]. Available at: [https://www.audit-it.ru/buh\\_otchet/7705880068\\_aorusskiy-ugol](https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7705880068_aorusskiy-ugol) (accessed 15.10.2023).
13. Russian Federation, GosKomStat Federal State Statistics Service. Methodological Recommendations on Analyzing Financial and Economic Activities of Organizations (approved by the State Statistics Committee of the Russian Federation on 28.11.2002), ConsultantPlus. [Electronic resource]. Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_142116/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142116/) (accessed 15.10.2023).
14. Korshunova L.N. & Rudskaya I.B. Conversion of financial rents as a way to optimize the use of borrowed capital. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika*, 2018, (4), Vol. 6, pp. 42-45 (In Russ.).
15. Sidorova E., Kostyukhin Y., Korshunova L. et al. Forming a risk management system based on the process approach in the conditions of economic transformation. *Risks*, 2022, 10(5), 95.

**For citation**

Korshunova L.N., Savon D.Yu., Borisova L.V. & Safronov A.E. Liquidity management system of a coal company using loan capital. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 48-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-48-53.

**Paper info**

Received August 21, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

## СУЭК в Красноярском крае расширяет парк горнотранспортного оборудования

На Бородинском разрезе завершается монтаж двух новых автосамосвалов БелАЗ-7513 грузоподъемностью 130 тонн.

«Это одни из самых востребованных карьерных самосвалов у горняков. Заводом их выпущено уже более 5 тысяч единиц. Машина проверена временем и является самой надежной во всем модельном ряду БелАЗов», – поясняет представитель подрядной организации, осуществляющей сборку машин в Бородино, **Егор Голуб**. Высота БелАЗа 130-тонника с опущенным кузовом – почти 6 м, длина – 11 м, диаметр колеса – 3 м, масса – свыше 100 т.

«На БелАЗах-7513 реализованы инновационные технические решения по целому ряду узлов и систем, которые позволяют снизить расход топлива, увеличить производительность машины, улучшить ее эксплуатационные характеристики», – рассказывает **начальник автоколонны автотракторного цеха Бородинского разреза Алексей Плешков**. – Продумано все и для безопасного ведения работ: самосвалы оснащены автоматическими системами пожаротушения, контроля топлива, давления в шинах, устройствами сигнализации приближения к высоковольтной линии».

Комфортно в автомобиле и водителю: в кабине установлены эргономичные, регулируемые кресла, отопительно-кондиционерные блоки, камеры с видеобзором 360 градусов для безопасного маневрирования.



**СУЭК**  
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

В то же время один из БелАЗов грузоподъемностью 90 т, ранее задействованный на Бородинском разрезе, перемещен на Березовский разрез: в связи со значительным ростом добычи угля на

предприятии есть потребность в восполнении запасов вскрытого ископаемого. Машина эксплуатируется с января текущего года. В СУЭК-Красноярск подчеркивают: в региональном производственном объединении отработана практика эффективного управления транспортным комплексом, что позволяет перебазировать машины туда, где потребность в них максимальная.

Парк техники и оборудования на предприятиях СУЭК регулярно обновляется благодаря инвестиционной программе Компании. В текущем году ожидается поставка около 20 единиц новой техники.

Пресс-служба АО «СУЭК»

# Экспортная угольная логистика: проблемы и перспективы

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-54-58>

## **ЗОНОВА О.В.**

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры финансов и кредита  
Кузбасского государственного  
технического университета  
имени Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: zov.fk@kuzstu.ru

## **ШЕВЕЛЕВА О.Б.**

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры финансов и кредита  
Кузбасского государственного  
технического университета  
имени Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: shob.fk@kuzstu.ru

## **СЛЕСАРЕНКО Е.В.**

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры финансов и кредита  
Кузбасского государственного  
технического университета  
имени Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: sev.fk@kuzstu.ru

*В последнее время развитие угольной отрасли столкнулось с серьезными ограничениями, обусловленными в первую очередь воздействием внешних шоков. Современная экспортная угольная логистика претерпела значительные изменения, испытывая существенные проблемы. Это выразилось в дисбалансе портовых и провозных мощностей, недостаточно быстрой реализации программ развития железнодорожной инфраструктуры для освоения как существующей, так и перспективной грузовой базы, определенном снижении мировых цен на уголь, что усугублялось реализацией российского угля с дисконтом при повышении себестоимости его добычи за счет роста цен на технику-технологическую составляющую развития отрасли, топливо, взрывчатые вещества. Определенное повышение операционной эффективности имеющихся пропускных возможностей портов может способствовать некоторому увеличению производственных мощностей по перевалке. Однако существенного улучшения экспортной угольной логистики можно добиться только путем модернизации существующей и строительства новой инфраструктуры. В этой связи в текущих условиях угольщиками рассматриваются различные альтернативы поставок угля на экспорт.*

**Ключевые слова:** логистика, экспорт, угольная промышленность, провозные мощности, внешние шоки.

**Для цитирования:** Зонова О.В., Шевелева О.Б., Слесаренко Е.В. Экспортная угольная логистика: проблемы и перспективы // Уголь. 2023. № 11. С. 54-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-54-58.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В основе устойчивого развития российской угольной промышленности лежат как решение внутрисистемных проблем самой отрасли, таких как снижение внутреннего потребления угля, наличие кадровых, социальных и экологических проблем в угледобывающем производстве [1, 2, 3], так и вопросы, связанные с построением современных логистических цепочек [4, 5, 6, 7].

Относительная консервативность технологии и организации угольной промышленности объективно сдерживает процессы ее рыночной трансформации, что вынуждает в большей степени обращаться к инструментарию логистики, нежели чем маркетинга и менеджмента [8, с. 5].

Логистизация продвижения угля на рынок – двуединый процесс. С одной стороны, он включает логистизацию угольной промышленности и основного производителя и поставщика угля на рынок, с другой – предполагает формирование эффективных логистических цепей и систем, охватывающих все стадии добычи, обогащения, хранения, транспортировки и поставки угля потребителям [8, с. 8].



В рамках данной статьи речь пойдет о проблемах и перспективах экспортной угольной логистики.

В связи с введением эмбарго ЕС на уголь усилия нашего государства и угольных компаний направлены на дальнейшую переориентацию экспорта российского угля на восток. Грузопоток направлен в порты Дальнего Востока и юга России, а также северо-запада. В сложившейся ситуации угольщикам пришлось столкнуться с рядом серьезных ограничений. Во-первых, дефицит провозной способности железной дороги на Восточном полигоне, рост логистических затрат в связи с индексацией железнодорожного тарифа и отменой понижающих коэффициентов на экспортные железнодорожные перевозки угля<sup>1</sup>. Во-вторых, изменение логистики под влиянием санкций и эмбарго на импорт российского угля, что привело к увеличению времени транспортировки морским транспортом и росту расходов на фрахт.

Максимально рентабельными на текущий момент являются направления в Китай и Индию через порты Дальнего Востока. Однако сдерживающим фактором развития этого направления являются инфраструктурные ограничения – дефицит пропускной способности железнодорожных подходов БАМа и Транссиба. В настоящее время дефицит общей провозной способности Восточного полигона составляет порядка 140 млн т в год. К 2030 г. с учетом модернизации Восточного полигона провозная способность увеличится более чем на 28 млн т [9]. Также планируется обеспечить дополнительный объем отгрузок угля (10 млн т в год в 2025 г. и до 30 млн т в год в 2030 г.) [10] по частной железной дороге «Эльга – Чумикан» (от Эльгинского месторождения в Якутии к побережью Охотского моря), которую собираются построить для вывоза угля с Эльгинского месторождения<sup>2</sup>.

В условиях перегруженности дальневосточного направления грузоотправители рассматривают другие логистические направления.

## МЕТОДЫ

Эмпирической базой исследования стали отчет «Русский уголь» независимого ценового агентства «Argus», а также данные других информационных агентств РФ. В отчете представлена цена нетбэк на энергетический уголь на основании данных о сделках, получаемых в ходе опроса участников рынка. Цена нетбэк представляет собой расчетную стоимость экспортируемого угля, приведенную к базису цены FCA «Кузбасс» путем вычитания из цены на базисе FOB стоимости перевалки угля, сопутствующих расходов, включающих комиссию экспедитора, комиссию агента в порту и оплату независимой инспекции груза в порту. Из остатка вычитается стоимость перевозки угля по

железной дороге от станций, расположенных в Кузбассе, до российских портов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Альтернативой перевозки угля на восток является северо-запад. Российские продавцы угля резко нарастили экспорт через новые терминалы в балтийском порту Усть-Луга (Ультамар и Лугапорт). В начале 2022 г. у экспортеров возникли перебои с поставками с ограниченным предложением доступного тоннажа (по маршрутам Усть-Луга, Мурманск) после вступления в силу эмбарго ЕС на импорт российского угля, включая запрет на финансовые и страховые услуги при доставке угля из России. К октябрю поставки в северо-западные порты стали восстанавливаться в связи с разъяснением ЕС о том, что вводимые ограничения касаются лишь поставок угля в европейские страны. В 2022 г. около 9% всего экспорта осуществлялось через северо-западные порты РФ<sup>3</sup>.

В табл. 1 представлены цена угля нетбэк (6000 ккал/кг) на базисе FCA «Кузбасс» из разных портов и формирующие ее элементы.

Согласно данным табл. 1, цена нетбэк FCA «Кузбасс» составляет в цене FOB порядка 40%, то есть оставшиеся 60% приходятся на расходы на доставку в порт и погрузку на судно, в связи с чем можно констатировать, что затраты на логистику превышают стоимость добычи угля.

Тем не менее, по оценкам экспертов, по состоянию на январь 2023 г. экспортные перевозки угля остаются рентабельными на всех направлениях даже в условиях роста логистических затрат и транзакционных издержек<sup>4</sup>. По результатам 2022 г. крупнейшим экспортным портом для угля стал порт «Тамань» за счет возможности перевозки большего объема груза на балкерах типоразмера «Capesize» дедвейтом до 220 тыс. т по сравнению с портами Дальнего Востока, где максимальная грузоподъемность судов «Panamax» составила 65 тыс. т дедвейта. Сокращение удельных затрат на фрахт приводит к увеличению рентабельности поставок.

В табл. 2 представлены ставки тайм-чартера навалочных грузов в зависимости от типа балкера и маршрута<sup>5</sup>. Если рассматривать ставки тайм-чартера в динамике, то относительно ноября 2022 г. они в основной массе имели тенденцию роста. Исключением стал Восточный порт, где ставки фрахта в АТР незначительно снизились<sup>6</sup>. В дальнейшем также прогнозируется увеличение ставок фрахта в связи с ростом спроса на перевозку угля<sup>7</sup>.

Наименее конкурентоспособным для неаффилированных с терминалами и крупными железнодорожными

<sup>1</sup> INFOLine: экспортные перевозки угля остаются рентабельными в условиях санкций и роста логистических затрат / INFOLine: сайт. URL: <https://infoline.spb.ru/news/index.php?news=277594&ysclid=lferq7d9ik131262940> (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>2</sup> Начало строительства тихоокеанской железной дороги до нового порта на побережья Охотского моря / Integral: сайт. URL: <https://integral-russia.ru/2022/04/05/nachato-stroitelstvo-tihookeanskoj-zheleznoj-dorogi-do-novogo-porta-na-poberezhya-ohotskogo-morya/> (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>3</sup> Netback prices. Argus Russian Coal. Issue 22-50. Monday 26 December 2022. / Argusmedia.com: сайт. URL: <https://www.argusmedia.com/-/media/Files/sample-reports/argus-russian-coal.ashx?la=ru&hash=671392F3F41D67F7FC966046B8FD4B0A0BCB6785> (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>4</sup> INFOLine: экспортные перевозки угля остаются рентабельными в условиях санкций и роста логистических затрат / INFOLine: сайт. URL: <https://infoline.spb.ru/news/index.php?news=277594&ysclid=lferq7d9ik131262940> (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>5</sup> Argus Russian Coal / Argus: сайт. URL: <https://www.argusmedia.com/ru/coal/argus-russian-coal> (дата обращения 15.10.2023).

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Там же.

Таблица 1

**Цена угля нетбэк 6000 ккал/кг (декабрь 2022 г.)**  
 Netback coal price of 6000 kcal/kg (December 2022)

Элементы цены	Северо-западные порты		Восточный порт	Южный порт – Тамань
	Мурманск	Усть-Луга		
Цена FOB, дол. США/т	121,25	121,25	165,79	129,13
Цена FOB, руб./т	8745,84	8745,84	11958,53	9314,22
Сопутствующие расходы, дол. США/т	1,29	1,29	1,29	1,29
Стоимость перевалки, дол. США/т	26,5	35,0	22,5	36,0
Железнодорожный тариф по России, груженный пробег, руб./т	1488,46	1383,73	1793,74	1423,31
Железнодорожный тариф по России, порожний возврат, руб./т	750,25	670,64	881,75	705,63
Железнодорожный тариф по России, всего руб./т	2238,71	2043,47	2675,49	2128,94
Железнодорожный тариф по России, всего дол. США/т	31,04	28,33	37,09	29,52
Стоимость вагона, руб./т	977,03	863,46	1170,14	920,70
Стоимость вагона, дол. США/т	13,55	11,97	16,22	13,45
Стоимость доставки по железной дороге, всего дол. США/т	44,59	40,30	53,31	42,28
Цена нетбэк FCA «Кузбасс», дол. США/т	48,87	44,66	88,69	49,56
Цена нетбэк FCA «Кузбасс», руб./т	3525,00	3221,00	6397,00	3575,00

Таблица 2

**Ставки тайм-чартера навалочных грузов в зависимости от размера и маршрута (декабрь 2022 г.), дол. США/т**

Bulk cargo time charter rates depending on the size and the route (December 2022), US\$/ton

Panamax		Capesize	
Усть-Луга-Роттердам	9,96	Тамань – Искендерун	7,33
Усть-Луга-Искендерун	20,74	Тамань – Южная Корея	25,00
Тамань-Роттердам	20,66	Тамань – Индия	17,84
Тамань-Искендерун	12,26	Восточный – Южная Корея	4,70
Восточный – Южная Корея	4,71	Восточный – Китай	4,58
Восточный – Китай	7,39	Восточный – Тайвань	5,00
Восточный – Тайвань	8,79	Ванино – Южная Корея	5,77
Восточный – Вьетнам	13,56	Ванино-Китай	5,65

Таблица 3

**Ставки аренды подвижного состава в РФ, руб./сут. без НДС**

Rolling stock rental rates in the Russian Federation, RUB/day, excluding VAT

Тип вагона	Ставка аренды подвижного состава
Полувагоны, 69 т (спот)	2870-3360
Полувагоны, 69 т (долгосрочные контракты)	1940-2490
Полувагоны, 75 т (спот)	3680-4160

ми операторами поставщиков является экспорт угля через порты северо-запада. По оценке INFOLine, рентабельность экспортных поставок в Индию и Китай через порт Усть-Луга составляла в январе 2023 г. 3,8-6,7% в зависимости от типа вагона, а через Мурманский морской торговый порт – 8,1-10,4%<sup>8</sup>.

Наиболее высокая рентабельность экспорта в Китай и Индию наблюдалась при поставке через терминалы Даль-

него Востока (22-25% в зависимости от терминала и типа вагона). Рентабельность поставок в Китай и Индию через порт «Тамань» составляла в январе 2023 г. 12,5-14,2%<sup>9</sup>. С учетом разницы в расстоянии с июня 2022 г. железнодорожная перевозка энергетического угля в типовых полувагонах через порт Восточный и порт Ванино обходится на 26–30% дороже, чем через «Тамань», «а расходы на аренду полувагонов с учетом фактического оборота на маршрутах были на 30-40%» выше [11].

Ставки аренды полувагонов представлены в табл. 3<sup>10</sup>.

Несмотря на существенные расхождения в значениях показателей рентабельности, угольщики ставили перед собой цель вывезти экспортный товар. Так, по объемам экспортной перевалки угля в 2022 г. лидировал навалочный терминал в Тамани. В общей сложности через него было перевалено 30 млн т угля, что на 32,1% больше уровня 2021 г. Тамань имеет конкурентное преимущество и перед балтийскими портами: *высокая скорость погрузки; меньшее расстояние при отправлениях в Индию и АТР*.

На втором месте по перевалке угля оказался Восточный порт (рост на 2,4%, до 25,6 млн т), на третьем – тер-

<sup>8</sup> INFOLine: экспортные перевозки угля остаются рентабельными в условиях санкций и роста логистических затрат / INFOLine: сайт. URL: <https://infoline.spb.ru/news/index.php?news=277594&ysclid=lferq7d9ik131262940> (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Argus Логистика сухих грузов. / Argus: сайт. URL: <https://www.argusmedia.com/ru/freight-transportation/dry-bulk-logistic> (дата обращения: 15.10.2023).

минал «Ростерминалуголь» в порту Усть-Луга (снижение на 11,7%, до 21,6 млн т)<sup>11</sup>.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В сложившихся условиях развитие угольной отрасли сталкивается с серьезными ограничениями, обусловленными в том числе внешними шоками.

Во-первых, это дисбаланс портовых и провозных мощностей: профицит портовых мощностей при невозможности их загрузки на полную мощность в связи с инфраструктурными ограничениями железных дорог. Так, мощность АО «Восточный Порт» составляет 55 млн т, но пока больше 25 млн т грузов инфраструктура железных дорог не позволяет довести до специализированного терминала предприятия<sup>12</sup>.

Во-вторых, несвоевременная реализация программ развития железнодорожной инфраструктуры для освоения как существующей, так и перспективной грузовой базы (и это является предпосылкой первого ограничения) [12]. Согласно данным экспертов, профицит мощностей по перевалке грузов в дальнейшем будет только увеличиваться: так, в ближайшее время намечен пуск второй очереди терминала «ВаниноТрансУголь», которая увеличит его проектную мощность на 12 млн т [10]. Эта проблема характерна не только для Восточного порта. В Азово-Черноморском бассейне перевалка угля выросла благодаря развитию Таманского терминала навалочных грузов (его производственная мощность составляет 60 млн т [12]). При этом провозные мощности к южным портам практически достигли своего максимума, составив 125 млн т, и их расширение в краткосрочной перспективе не планируется.

В-третьих, отечественные и дружественные судоходные линии могут не справиться с предъявляемым к перевозке объемом грузов, а это, в свою очередь, приведет к дефициту мест на судах, что повлечет необходимость отправки грузов по железной дороге.

В-четвертых, ожидается снижение мировых цен на уголь. Российский уголь торгуется с дисконтом, при этом себестоимость добычи увеличилась за счет увеличения цен на взрывчатку, топливо, логистику<sup>13</sup>.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существенной проблемой для угольной логистики остается отставание развития железнодорожной инфраструктуры от портовой. Угольные терминалы во всех морских бассейнах продолжают оставаться актуальными, однако наилучшие перспективы открываются у тех, которые позволяют принимать крупные партии груза, быстро их об-

рабатывать и обслуживать крупнотоннажные суда<sup>14</sup>. Если рассматривать долгосрочную перспективу и достижение нивелирования инфраструктурных ограничений железных дорог, параллельно необходимо заниматься перевалкой. Перевалка угля в портах Дальнего Востока составила 107 млн т в 2022 г., что на 0,5% больше предыдущего года. По оценкам экспертов, увеличение производственных мощностей по перевалке до 15% возможно за счет повышения операционной эффективности, а выше – только за счет модернизации и строительства новой инфраструктуры [10].

Так или иначе, российские угольные компании будут стремиться наращивать объемы экспорта своей продукции. Во-первых, потому, что угольный бизнес рентабелен. Во-вторых, у угольщиков имеется определенный запас финансовой прочности и есть возможность добиться снижения затрат путем «замораживания» тарифов РЖД и скидок на перевалку в портовых терминалах [10]. Уголь как экспортный товар без поддержки государства может быть не очень выгоден<sup>15</sup>, но в условиях, когда есть ограничения на другие виды природных ресурсов, вопрос об экспорте угля даже при «зеленой повестке» экономики может оказаться вне экономики.

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать наличие определенного дефицита логистических схем в современной угольной отрасли нашей страны, поэтому в текущих условиях угольщиками рассматриваются различные альтернативы поставок угля.

### Список литературы

1. Системный анализ параметров устойчивого развития угледобывающего региона в свете нарастания экологических проблем (на примере Кемеровской области – Кузбасса) / А.А. Хорешок, Н.В. Кудреватых, О.Б. Шевелева и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т. 13. № 4. С. 505-517.
2. Sablin K., Kagan E., Chernova E. Clustering of the Russian coal mining regions: Investment and innovation activity // Journal of New Economy. 2020. No 21. P. 89-106.
3. Чернова, О.А. Стрессовые факторы устойчивого развития угольной промышленности России // Journal of applied economic research. 2022. Т. 22. № 1. С. 49-78.
4. Зонова О.В., Шевелева О.Б., Слесаренко Е.В. Тренды развития угольной отрасли в условиях внешних шоков // Уголь. 2023. № 2. С. 26-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-26-30.
5. Goroshnikova T., Donde O. The meaning of Russia's transport and logistics in expanding integration processes // The world of new economy. 2023. No 16. P. 88-98.
6. Tsvileva A., Golubev S. Methodology of Strategic Management of Coal Mining Enterprises in an Emergency Period // Strategizing: Theory and Practice. 2022. Vol. 2. P. 470-482.
7. Song, Yujie & Wang, Bo & Cao, Le & Li, Yun. Risk evaluation of China's coal mine production logistics system under coal supply assurance. E3S Web of Conferences. 2023. 385.
8. Шмелев А.В. Логистизация процесса продвижения угля на ры-

<sup>11</sup> INFOLine: экспортные перевозки угля остаются рентабельными в условиях санкций и роста логистических затрат / INFOLine: сайт. URL: <https://infoline.spb.ru/news/index.php?news=277594&ysclid=lf979g9pvl675554184> (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>12</sup> Эксперт: Рост грузооборота Восточного порта напрямую зависит от увеличения пропускной способности РЖД на Восточном полигоне / АЛЬФА-СОФТ: сайт. URL: [https://www.alta.ru/logistics\\_news/87346/](https://www.alta.ru/logistics_news/87346/) (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>13</sup> Минфин планирует скорректировать акциз на сталь задним числом / АЛЬФА-СОФТ: сайт. URL: [https://www.alta.ru/external\\_news/93640/?ysclid=lg37eyfza8346442426](https://www.alta.ru/external_news/93640/?ysclid=lg37eyfza8346442426) (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>14</sup> Чернов В. Уголь: теперь с южным акцентом / PortNews: сайт. URL: <https://portnews.ru/comments/3314/> (дата обращения: 15.10.2023).

<sup>15</sup> Косой В. Логистика: переключить уголь / Эксперт: сайт. URL: <https://expert.ru/2023/02/9/infrastruktura-ugol/?ysclid=lf979g9pvl675554184> (дата обращения: 15.10.2023).



- нок. Автореферат. URL: <https://www.dissercat.com/content/logistizatsiya-protssessa-prodvizheniya-uglya-na-rynok> (дата обращения: 15.10.2023).
9. Восточная мудрость — в прогнозах. URL: [https://rosugol.ru/news/news\\_company.php?ELEMENT\\_ID=34881/](https://rosugol.ru/news/news_company.php?ELEMENT_ID=34881/) (дата обращения: 15.10.2023).
  10. Будрис А. Шелковый путь: российский уголь после европейского эмбарго плывет в Индию. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/484985-selkovyj-put-rossijskij-ugol-posle-evropejskogo-embargo-plyvet-v-indii-i-kitaj?ysclid=lep13jq0in851976577/> (дата обращения: 15.10.2023).
  11. Скорлыгина Н. Экспорт угля через железные дороги остается рентабельным. URL: [https://sia.ru/?section=484&action=show\\_news&id=446628](https://sia.ru/?section=484&action=show_news&id=446628) (дата обращения: 15.10.2023).
  12. Дмитриева Т. Проблемы перевозок экспортного угля // Морские порты. 2022. № 3. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1685/96066/> (дата обращения: 15.10.2023).

## Original Paper

UDC 338.49 © O.V. Zonova, O.B. Sheveleva, E.V. Slesarenko, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 54-58  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-54-58>

## Title

## EXPORT COAL LOGISTICS: PROBLEMS AND PROSPECTS

## Authors

Zonova O.V.<sup>1</sup>, Sheveleva O.B.<sup>1</sup>, Slesarenko E.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Zonova O.V.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Finance and Credit, e-mail: [zov.fk@kuzstu.ru](mailto:zov.fk@kuzstu.ru)

**Sheveleva O.B.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Finance and Credit, e-mail: [shob.fk@kuzstu.ru](mailto:shob.fk@kuzstu.ru)

**Slesarenko E.V.**, PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Finance and Credit, e-mail: [sev.fk@kuzstu.ru](mailto:sev.fk@kuzstu.ru)

## Abstract

Recently the development of the coal industry has faced serious restrictions, primarily due to the impact of external shocks. Modern coal export logistics has undergone significant changes, experiencing significant problems. This was reflected in the imbalance of port and transportation capacities, insufficiently fast implementation of railway infrastructure development programs to develop both the existing and prospective cargo base, a certain decrease in world coal prices, which was exacerbated by the sale of Russian coal at a discount with an increase in the cost of its production due to rising prices. on the technical and technological component of the development of the industry, fuel, explosives. A certain increase in the operational efficiency of the existing port capacity may contribute to some increase in transshipment capacity. However, a significant improvement in coal export logistics can be achieved through the modernization of existing infrastructure and the construction of new infrastructure. In this regard, in the current conditions, coal miners are considering various alternatives for the supply of coal for export.

## Keywords

Logistics, Export, Coal industry, Carrying capacity, External shocks.

## References

1. Horeshok A.A., Kudrevatykh N.V., Sheveleva O.B. & Slesarenko E.V. System analysis of the parameters of sustainable development of a coal-mining region in the light of growing environmental problems (on the example of the Kemerovo region – Kuzbass). *Sustainable development of mountain territories*, 2021, Vol. 13, (4), pp. 505-517. (In Russ.).
2. Sablin K., Kagan E., Chernova E. Clustering of the Russian coal mining regions: Investment and innovation activity. *Journal of New Economy*, 2020, (21), pp. 89-106.
3. Hernova O.A. Stress factors of sustainable development of the coal industry in Russia // *Journal of applied economic research*. 2022. T. 22. No. 1. S. 49-78. (In Russ.).

4. Zonova O.V., Sheveleva O.B. & Slesarenko E.V. Trends in the development of the coal industry in the face of external shocks. *Ugol'*, 2023, (2), pp. 26-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-26-30.

5. Goroshnikova T. & Donde O. (2023). The meaning of Russia's transport and logistics in expanding integration processes. *The world of new economy*, 2023, (16), pp. 88-98.

6. Tsivileva A. & Golubev S. Methodology of Strategic Management of Coal Mining Enterprises in an Emergency Period. *Strategizing: Theory and Practice*, 2022, pp. 470-482.

7. Song, Yujie & Wang, Bo & Cao, Le & Li, Yun. Risk evaluation of China's coal mine production logistics system under coal supply assurance. *E3S Web of Conferences*, 2023, 385.

8. Shmelev A.V. Logistics of the process of promoting coal to the market. Available at: <https://www.dissercat.com/content/logistizatsiya-protssessa-prodvizheniya-uglya-na-rynok> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

9. Eastern wisdom – in forecasts. Available at: [https://rosugol.ru/news/news\\_company.php?ELEMENT\\_ID=34881/](https://rosugol.ru/news/news_company.php?ELEMENT_ID=34881/) (accessed 15.10. 2023). (In Russ.).

10. Budris A. Silk Road: Russian coal after the European embargo sails to India and China. Available at: <https://www.forbes.ru/biznes/484985-selkovyj-put-rossijskij-ugol-posle-evropejskogo-embargo-plyvet-v-indii-i-kitaj?ysclid=lep13jq0in851976577/> (accessed 15.10. 2023). (In Russ.).

11. Skorlygina N. Export of coal via railways remains profitable. Available at: [https://sia.ru/?section=484&action=show\\_news&id=446628](https://sia.ru/?section=484&action=show_news&id=446628) (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

12. Dmitrieva T. Problems of transportation of export coal. *Seaports*, 2022, (3). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1685/96066/> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

## For citation

Zonova O.V., Sheveleva O.B. & Slesarenko E.V. Export coal logistics: problems and prospects. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 54-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-54-58.

## Paper info

Received August 3, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

## ECONOMICS

# Особенности цифровой трансформации в угольной промышленности России\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-59-64>

В статье рассматриваются особенности цифровой трансформации в угольной промышленности России. С использованием метода корреляционно-регрессионного анализа доказано, что размер активов предприятий оказывает значимое влияние на процессы их цифровой трансформации. Крупные физические активы предприятий в сфере добычи полезных ископаемых, с одной стороны, усиливают инерцию организаций и препятствуют революционным изменениям в их бизнес-моделях, что усложняет процессы цифровой трансформации. С другой стороны, большие размеры предприятий формируют особенности их цифровой активности. В качестве особенностей цифровой трансформации в угольной промышленности выявлено использование цифровых технологий, направленных на совершенствование существующих бизнес-процессов, прежде всего RFID-технологий и геоинформационных систем. Установлено, что на современном этапе развития цифровой трансформации в целях повышения цифровой активности угледобывающих предприятий перспективно расширение использования геоинформационных систем.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, угледобывающее предприятие, угольная промышленность, цифровая трансформация, цифровые технологии.

**Для цитирования:** Казанцева Е.Г., Лямкин И.И. Особенности цифровой трансформации в угольной промышленности России // Уголь. 2023. № 11. С. 59-64. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-59-64.

## КАЗАНЦЕВА Е.Г.

Доктор экон. наук, доцент,  
профессор кафедры региональной  
и отраслевой экономики  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650043, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: 9059655017@mail.ru

## ЛЯМКИН И.И.

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры региональной  
и отраслевой экономики,  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650043, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: Liib6@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Цифровая трансформация в экономике России является одним из государственных приоритетов и рассматривается как стратегические изменения в бизнесе и государственных структурах, связанных с использованием современных информационных и коммуникационных технологий, прежде всего искусственного интеллекта, цифровых двойников, блокчейна и анализа больших данных. В целях внедрения цифровых технологий Правительством РФ подготовлена национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Эта программа утверждена протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2022-1195 от 30.09.2022, заключенное между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и федеральным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кемеровский государственный университет».

2019 г. № 7 и реализуется в настоящее время, в том числе и в угольной промышленности. Вопросы цифровой трансформации горнодобывающей отрасли постоянно поднимаются в трудах российских и иностранных ученых, отмечается их высокая значимость в хозяйственной деятельности организаций. По мнению А.В. Зозули, П.В. Зозули, С.А. Титова, цифровая трансформация «обеспечит повышение уровня безопасности труда работающих и при этом сохранит окружающую среду в районах функционирования угольных предприятий» [1, с. 51]. Как важный инструмент роста производительности труда и повышения конкурентоспособности отрасли рассматривают цифровую трансформацию в угольной промышленности Л.И. Власюк, Д.Н. Сиземов, О.В. Дмитриева [2]. Д.В. Лютягин, В.П. Яшин, Ю.В. Забайкин, М.А. Якунин видят в происходящей цифровой трансформации элементы «Индустрии 4.0», которые создают «базу для создания и развития новой интеллектуальной горнодобывающей промышленности России» [3, с. 156]. Ш. Гао и Э. Хаканен, указывая на положительные перспективы использования интернета вещей в горнодобывающей промышленности, в то же время отмечают сложности на пути его внедрения, связанные с инерцией крупных предприятий [4].

В целом из анализа научной литературы следует, что авторы преимущественно отмечают позитивные перспективы, связанные с цифровой трансформацией в угольной промышленности. При этом за рамками исследований часто остаются негативные последствия для горнодобывающих предприятий. В связи с этим представляется актуальным комплексное исследование цифровой трансформации в угольной отрасли с учетом ее положительных и отрицательных тенденций.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Соглашаясь в целом с тем, что цифровая трансформация способствует повышению эффективности угольной отрасли, в данной статье мы акцентируем внимание на вопросе о том, как угольные компании проводят цифровую трансформацию и какие проблемы при этом возникают. В качестве гипотезы выдвинем положение, что одним из важнейших факторов использования цифровых технологий является средний размер активов предприятий в отрасли, который существенно влияет на баланс положительных и отрицательных последствий от их применения и определяет специфику цифровой трансформации, в том числе в угольной промышленности.

Для целей настоящего исследования в условиях ограниченности статистической информации нами использовано сочетание количественного и качественного подходов. В качестве количественного подхода использован метод корреляционно-регрессионного анализа. Источниками данных являются открытые публикации Минцифры РФ, Росстата и Высшей школы экономики. Качественный подход в этих условиях позволяет на основе содержательного обобщения, сравнения и интерпретации подтвердить полученные количественным методом результаты.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки нашей гипотезы в качестве агрегированного показателя цифровой трансформации нами использован индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [5]. Величина этого показателя в 2021 г. представлена на рис. 1.

Средний размер активов предприятий в отрасли определялся как отношение полной учетной стоимости основ-

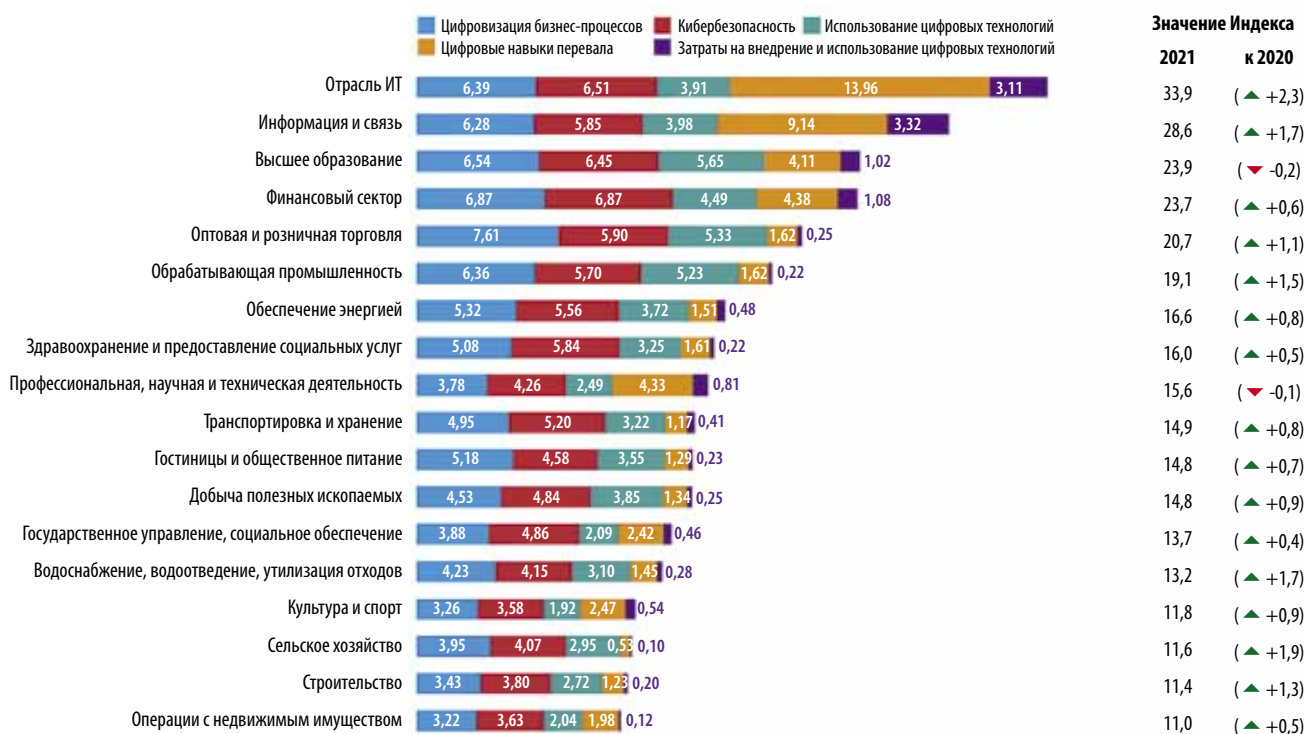


Рис. 1. Индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы по отраслям в 2021г. [5]

Fig. 1. Index of digitalization of economic and social sectors by industry in 2021 [5]



ных фондов в коммерческих организациях (без субъектов малого предпринимательства) к количеству этих организаций. Полная учетная стоимость основных фондов на конец 2021 г. и количество организаций по видам экономической деятельности определены по данным Федеральной службы государственной статистики [6, 7].

Для отбора видов экономической деятельности в целях проверки гипотезы мы исходили из следующих обстоятельств. Во-первых, продукция угледобывающих предприятий предназначена для продажи, прежде всего бизнес-единицам, а не конечному потребителю. Во-вторых, процессы цифровой трансформации в секторах B2B и B2C существенно различаются.

Учитывая вышеизложенное, были отобраны виды экономической деятельности, которые преимущественно относятся к сектору B2B. Эти виды экономической деятельности представлены в табл. 1.

Для оценки характера связи между средним размером активов предприятий в отрасли и индексом цифровизации отраслей экономики и социальной сферы по видам экономической деятельности средствами Microsoft Excel было получено уравнение аппроксимирующей кривой с наибольшей величиной достоверности аппроксимации  $R^2$  (0,71):

$$y = -1,896 \ln(x) + 45,357,$$

где  $y$  – индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы;  $x$  – средний размер активов предприятий в отрасли.

Величина достоверности аппроксимации  $R^2$  превышает 0,6. Поэтому уместно говорить о том, что выявленный тип зависимости подходит для описания процесса изменения индекса цифровизации.

Зависимость между средним размером активов предприятий в отрасли и индексом цифровизации отраслей экономики и социальной сферы по видам экономической деятельности, а также аппроксимирующая кривая представлены на рис. 2.

Таким образом, результаты использованного нами метода корреляционно-регрессионного анализа подтверждают гипотезу о том, что размер активов предприятия оказы-

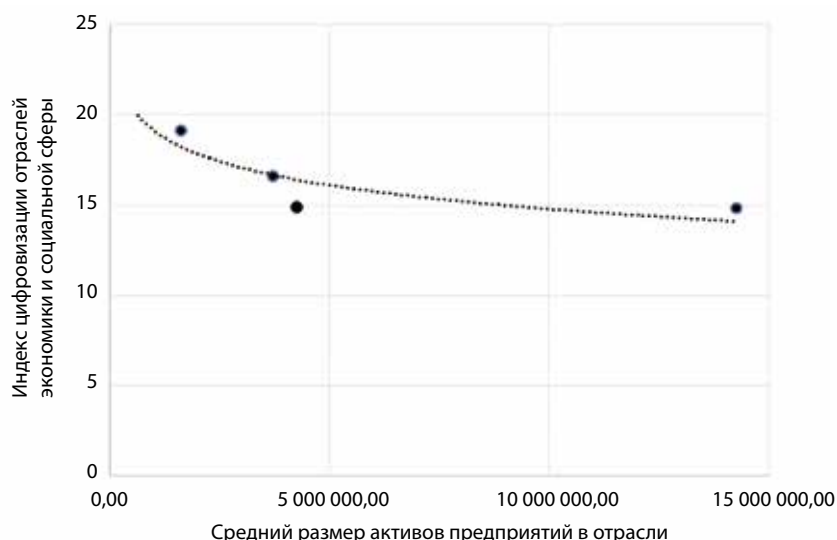


Рис. 2. Зависимость между средним размером активов предприятий в отрасли и индексом цифровизации отраслей экономики и социальной сферы по видам экономической деятельности

Fig. 2. The relationship between the average size of assets of enterprises in the industry and the index of digitalization of sectors of the economy and the social sphere by type of economic activity

вает значимое влияние на процессы цифровой трансформации. Причем чем больше размеры предприятий, тем менее интенсивно в отрасли осуществляется цифровизация.

Статистические данные показывают, что предприятия в сфере добычи полезных ископаемых имеют самые крупные физические активы. Эта особенность добывающих предприятий, с одной стороны, усложняет процессы цифровой трансформации, а с другой, определяет ее особенности.

Для выявления особенностей цифровой трансформации добывающих предприятий мы рассмотрели активность использования ими различных цифровых технологий и сравнили ее со средней активностью в экономике России. В табл. 2 представлен ранжированный по активности использования список цифровых технологий в сфере добычи полезных ископаемых. В качестве показателя активности реализации цифровых технологий нами выбрана доля организаций, использовавших данный вид цифровых технологий [8, с. 219-222].

Как следует из представленных результатов, добывающие предприятия наиболее активно используют такие

Таблица 1

**Характеристики видов экономической деятельности**

Characteristics of economic activities

Вид экономической деятельности	Полная учетная стоимость основных фондов, тыс. руб.	Количество организаций, ед.	Полная учетная стоимость основных фондов, тыс. руб./ед.	Индекс цифровизации
Добыча полезных ископаемых	28477105882,0	1994	14281397,13	14,8
Обрабатывающая промышленность	25103910241,0	15338	1636713,41	19,1
Обеспечение энергией	15520521712,0	4154	3736283,51	16,6
Транспортировка и хранение	25157683812,0	5914	649715,63	14,9

**Активность использования цифровых технологий в сфере добычи полезных ископаемых в 2021 г. [8, с. 219-222]**  
The activity of using digital technologies in the field of mining in 2021

Цифровые технологии	Доля организаций в сфере добычи полезных ископаемых, использовавших цифровую технологию, %	Доля организаций в экономике РФ, использовавших цифровую технологию, %
Аддитивные технологии	0,9	1,4
«Цифровой двойник»	2,4	1,4
Промышленные роботы / автоматизированные линии	2,9	4,4
Технологии искусственного интеллекта	2,9	5,7
Центры обработки данных	9,9	14,0
Цифровые платформы	10,8	14,7
Интернет вещей	15,4	13,7
RFID-технологии	16,0	11,8
Геоинформационные системы	18,5	12,6
Облачные сервисы	19,8	27,1
Технологии сбора, обработки и анализа больших данных	25,0	25,8

цифровые технологии, как геоинформационные системы, облачные сервисы, а также технологии сбора, обработки и анализа больших данных, направленные на совершенствование существующих бизнес-процессов. Цифровые технологии, использующиеся преимущественно для создания нового инновационного продукта (аддитивные технологии, технологии искусственного интеллекта, промышленные роботы), применяются предприятиями в сфере добычи полезных ископаемых гораздо реже.

Выявленные особенности использования цифровых технологий согласуются с доказанной нами методом корреляционно-регрессионного анализа зависимостью между размером основных фондов предприятий и их цифровой активностью. Большие материальные активы усиливают инерцию предприятий и препятствуют революционным изменениям в их бизнес-моделях. Представляется, что инерционность крупных предприятий в сфере добычи полезных ископаемых обусловлена прежде всего такими внутренними факторами, как:

- длительные жизненные циклы реализуемых проектов [9];
- технологии, базирующиеся преимущественно на нецифровых капитальных активах [10];
- специфическая корпоративная культура, направленная на сохранение используемых бизнес-моделей [11, с. 4932];
- сложная бюрократическая структура компаний [9].

Если сравнивать цифровую активность предприятий в сфере добычи полезных ископаемых с общей цифровой активностью в экономике, то следует отметить относительно высокую активность использования добывающими предприятиями RFID-технологий и геоинформационных систем, которые реализуются в рамках повышения эффективности используемых бизнес-моделей. При этом технологии RFID в сфере добычи полезных ископаемых преимущественно применяются для идентификации личности и контроля доступа к отдельным помещениям/территориям [8, с. 235].

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из результатов исследования следует, что процессы цифровой трансформации в угольной промышленности сдерживаются крупными размерами основных фондов предприятий и направлены на совершенствование существующих бизнес-моделей, что согласуется с недавними исследованиями. Так, Кристоф Бак, Джон Кларк, Руй Торрес де Оливейра, Кевин С. Десуза, Париса Маруфхани пришли к выводу, что на ресурсоемких предприятиях цифровая трансформация должна осуществляться постепенно в течение жизненного цикла уже осуществленных инвестиционных проектов, так как внедрение цифровых инноваций осложняется тесной связью бизнес-процессов угледобывающих предприятий с имеющимися физическими активами [9]. А.В. Зозуля, П.В. Зозуля, С.А. Титов отмечают, что основные направления цифровой трансформации в угольной промышленности – это развитие человеко-машинной системы, цифрофизического управления, совершенствование процесса сбора, аналитики и обработки информации [1, с. 50-51]. Среди перспективных направлений цифровой трансформации в горнодобывающем секторе Д.В. Лютягин, В.П. Яшин, Ю.В. Забайкин, М.А. Якунин также выделяют технологии, направленные на совершенствование бизнес-процессов [3, с. 155].

Что касается перспектив использования цифровых технологий, которые сейчас активно реализуются угледобывающими предприятиями, то исследователи оценивают их неоднозначно. Так, по мнению экспертов Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, не ожидается существенного роста спроса на RFID-технологии [12, с. 76]. Перспективы же дальнейшего использования геоинформационных систем в угольной промышленности остаются благоприятными. Так, Л.Е. Назарова и Л.К. Радченко отмечают, что геоинформационные системы существенно увеличивают возможности «накопления, актуализации, передачи, тиражирования и управления информацией» и доказывают важность создания геоинформационной модели уголь-

ной промышленности Кемеровской области в процессе ее цифровой трансформации [13]. Как следствие, разработанная в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 №1144-р (соглашение с Минобрнауки России № 075-15–2022-1195 от 30.09.2022 г.) «Система управления мониторингом строительных работ на объектах, прошедших государственную экспертизу» имеет высокие шансы на внедрение в производственный процесс угольных предприятий. Текущий функционал систем позволяет по результатам проведенной аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования измерять объем выемки, насыпи на предприятиях угольной промышленности, в перспективе планируется разработка модуля по планированию буровых и буровзрывных работ, дистанционному подсчету объемов горной массы после проведенных взрывных работ. Учитывая полученные в настоящем исследовании результаты, этот продукт может повысить цифровую активность угледобывающих предприятий в условиях их объективной (вследствие крупных размеров) инерционности.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, результаты исследования имеют три основных вывода. Во-первых, размер активов предприятия оказывает сдерживающее влияние на интенсивность процессов цифровой трансформации, что подтверждает нашу гипотезу. Поэтому крупные размеры физических активов угледобывающих предприятий замедляют их цифровую активность. Во-вторых, крупные размеры физических активов предприятий в сфере добычи полезных ископаемых определяют особенности их цифровой трансформации, направленные на совершенствование существующих бизнес-процессов. В связи с этим угледобывающие предприятия преимущественно развивают такие цифровые технологии, как геоинформационные системы, облачные сервисы, RFID-технологии, технологии сбора, обработки и анализа больших данных. В-третьих, одной из наиболее перспективных цифровых технологий в современных условиях для угледобывающих предприятий являются геоинформационные системы. Поэтому целесообразно дальнейшее взаимодействие угледобывающих предприятий и разработчиков геоинформационных систем с целью повышения эффективности бизнес-модели добычи полезных ископаемых.

### Список литературы

1. Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности / А.В. Зозуля, П.В. Зозуля, С.А. Титов и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 47-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.
2. Власюк Л.И., Сиземов Д.Н., Дмитриева О.В. Стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса // Экономика в промышленности. 2020. Т. 13. № 3. С. 328-338. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-328-338.
3. Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли / Д.В. Лютягин, В.П. Яшин, Ю.В. Забайкин и др. // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 7А. С. 147-159.
4. Gao S., Hakanen E. Technical capabilities are not enough: Deploying Internet of Things in the metals and mining industry // International Journal of Services, Technology and Management. 2021. No 27(4-6). P. 307-323. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSTM.2021.118172>.
5. Индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы / С.А. Васильковский, Г.Г. Ковалева, Г.И. Абдрахманова и др. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/785333175.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304> (дата обращения: 15.10.2023).
7. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/instituteconomics> (дата обращения: 15.10.2023).
8. Индикаторы цифровой экономики: 2022. Статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский и др.; И60 Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2023. 332 с.
9. Digital transformation in asset-intensive organisations: The light and the dark side / Christoph Buck, John Clarke, Rui Torres de Oliveira et al. // Journal of Innovation and Knowledge. April–June 2023. Vol. 8. Is. 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100335>.
10. Sivapalan M., Bowen J. Decision frameworks for restoration & adaptation investment—Applying lessons from asset-intensive industries to the Great Barrier Reef // PLoS ONE. 2020.15(11): e0240460. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240460>.
11. Digital transformation in asset-intensive businesses: Lessons learned from the metals and mining industry T. Bui (Ed.) / S. Gao, E. Hakanen, P. Töytäri et al. / Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii International Conference on System Sciences. 2019. P. 4927-4936.
12. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты / Доклад к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13-30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 239 с.
13. Назарова Г.Е., Радченко Л.К. Разработка геоинформационной модели угольной промышленности Кемеровской области // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 6. № 2. С. 193-201. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-6-2-193-201.



Original Paper

UDC 338.36 © E.G. Kazantseva, I.I. Lyamkin, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 59-64  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-59-64>

**Title****SPECIFIC FEATURES OF DIGITAL TRANSFORMATION IN THE RUSSIAN COAL INDUSTRY****Authors**

Kazantseva E.G.<sup>1</sup>, Lyamkin I.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, 650043, Russian Federation

**Authors Information**

**Kazantseva E.G.**, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Regional and Sectoral Economics, e-mail: 9059655017@mail.ru

**Lyamkin I.I.**, PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Regional and Sectoral Economics, e-mail: Lii66@mail.ru

**Abstract**

The article discusses the features of digital transformation in the Russian coal industry. Using the method of correlation and regression analysis, it was proved that the size of the assets of enterprises has a significant impact on the processes of their digital transformation. Large physical assets of enterprises in the field of mining, on the one hand, increase the inertia of organizations and prevent revolutionary changes in their business models, which complicates the processes of digital transformation. On the other hand, the large size of enterprises shape the characteristics of their digital activity. As features of digital transformation in the coal industry, the use of digital technologies aimed at improving existing business processes, primarily RFID technologies and geoinformation systems, has been identified. It is shown that at the present stage of development of digital transformation in order to increase the digital activity of coal mining enterprises, it is promising to expand the use of geoinformation systems.

**Keywords**

Geoinformation systems, Coal mining enterprise, Coal industry, Digital transformation, Digital technologies.

**References**

- Zozulya A.V., Zozulya P.V., Titov S.A., Titova N.V. & Mezina T.V. The effectiveness of the use of digital technologies in the production processes of the coal industry. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 47-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.
- Vlasyuk L.I., Sizemov D.N. & Dmitrieva O.V. Strategic priorities for the digital transformation of the coal industry in Kuzbass. *Economy in industry*, 2020, Vol. 13, (3), pp. 328–338. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-328-338. (In Russ.).
- Lyutyagin D.V., Yashin V.P., Zabaikin Yu.V. & Yakunin M.A. Features and trends of digital transformation of the Russian mining industry. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 2019, Vol. 9, (7A), pp. 147-159. (In Russ.).
- Gao S. & Hakkanen E. Technical capabilities are not enough: Deploying Internet of Things in the metals and mining industry. *International Journal of Services, Technology and Management*, 2021, 27(4-6), pp. 307-323. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSTM.2021.118172>.
- Vasilkovsky S.A., Kovaleva G.G., Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Zinina T.S. & Mine P.B. Index of digitalization of economic and social sectors. Available at: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/785333175.pdf>. (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

6. Official website of the Federal State Statistics Service. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304> (accessed 15.10.2023).

7. Official website of the Federal State Statistics Service. Available at: <https://rosstat.gov.ru/statistics/instituteconomics> (accessed 15.10.2023).

8. Abdrakhmanova G.I., Vasilkovsky S.A., Vishnevsky K.O. & Gokhberg L.M. Indicators of the digital economy: 2022: statistical collection; I60 National research University «Higher School of Economics». Moscow, NRU VSHE, 2023, 332 p. (In Russ.).

9. Christoph Buck, John Clarke, Rui Torres de Oliveira, Kevin C. Desouza & Parisa Maroufkhani. Digital transformation in asset-intensive organisations: The light and the dark side. *Journal of Innovation and Knowledge*, April–June 2023, Vol. 8, (2). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100335>.

10. Sivapalan M. & Bowen J. Decision frameworks for restoration & adaptation investment—Applying lessons from asset-intensive industries to the Great Barrier Reef. *PLoS ONE*, 2020.15(11): e0240460. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240460>.

11. Gao S., Hakkanen E., Töytäri P. & Rajala R. Digital transformation in asset-intensive businesses: Lessons learned from the metals and mining industry T. Bui (Ed.). Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii International Conference on System Sciences, 2019, pp. 4927-4936.

12. Abdrakhmanova G.I., Bykhovskiy K.B., Veselitskaya N.N. et al. Digital transformation of industries: starting conditions and priorities: dokl. to XXII Apr. intl. scientific conf. on Problems of Development of the Economy and Society, Moscow, 13–30 April. 2021; National research University “Higher School of Economics”. Moscow, Ed. house of the Higher School of Economics, 2021, 239 p. (In Russ.).

13. Nazarova G.E. & Radchenko L.K. Development of a geoinformation model of the coal industry of the Kemerovo region. *Interexpo Geo-Siberia*, 2019, Vol. 6, (2), pp. 193-201. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-6-2-193-201. (In Russ.).

**Acknowledgements**

The work was carried out with the financial support of the Russian Federation represented by the Ministry of Education and Science of Russia, agreement No. 075-15-2022-1195 dated September 30, 2022, concluded between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the federal budgetary educational institution of higher education «Kemerovo State University.

**For citation**

Kazantseva E.G. & Lyamkin I.I. Specific features of digital transformation in the Russian coal industry. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 59-64. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-59-64.

**Paper info**

Received September 11, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

# Сравнительная оценка качества функционирования действующих и роботизированных экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов\*

DOI: <http://dx.DOI.org/10.18796/0041-5790-2023-11-65-71>

Системы роботизированных (безлюдных) грузовых перевозок с удаленным управлением уже более 10 лет используются на открытых горных работах. Устранение «человеческого фактора» из производственного процесса, как правило, позволяет повысить его безопасность и производительность, а также снизить эксплуатационные затраты. Таким образом, использование беспилотных автосамосвалов в составе автотранспортных парков карьерных экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК), согласно результатам исследований и их практической апробации, показало преимущества роботизированных ЭАК по сравнению с обычными. Сравнительная оценка качества функционирования обычных и роботизированных ЭАК позволяет показать степень этого улучшения. Оценочно установлено, что качество работы ЭАК всех разрезов в роботизированном варианте выше действующих ЭАК от 12% (на разрезе «Кедровский») до 59% (на разрезе «Краснобродский»), составляя в целом 42% по компании «Кузбассразрезуголь». Это свидетельствует о значительном повышении качества функционирования ЭАК при использовании в составе автотранспортных парков ЭАК разрезов беспилотных автосамосвалов.

**Ключевые слова:** карьер, экскаваторно-автомобильный комплекс, беспилотный карьерный самосвал, сравнительная оценка качества.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 №075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в рамках Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

## БОРОНОВ Ю.Е.

Доктор техн. наук, профессор,  
профессор кафедры ЭА  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: vyue.ap@kuzstu.ru

## БОРОНОВ А.Ю.

Канд. техн. наук, доцент,  
доцент кафедры ЭА  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: voronovayu@kuzstu.ru

## ДУБИНКИН Д.М.

Канд. техн. наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник  
научного центра «Цифровые технологии»  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

## МАКСИМОВА О.С.

Младший научный сотрудник  
научного центра «Цифровые технологии»  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: maksimovaos@kuzstu.ru



**Для цитирования:** Сравнительная оценка качества действующих и роботизированных экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов / Ю.Е. Воронов, А.Ю. Воронов, Д.М. Дубинкин и др. Уголь. 2023. № 11. С. 65-71. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-65-71.

**ВВЕДЕНИЕ**

Сравнительная оценка качества работы действующих и роботизированных ЭАК применительно к разрезам, входящим в состав УК «Кузбассразрезуголь», производится при следующих условиях.

Базой для исследования являются сводные отчеты о работе действующих ЭАК разрезов и в целом по Компании, приведенные в работе [1]. Параллельно рассматривалась работа автотранспортных парков ЭАК, составленных из беспилотных карьерных самосвалов (КС).

Анализ исследований [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] работы автотранспорта по безлюдной технологии свидетельствует о следующих данных:

- производительность беспилотных КС до 20% выше, чем у обычных;
- степень использования беспилотных КС превышает 90%, поскольку они практически не простаивают и работают в среднем на 2,5 ч дольше обычных КС;
- КС может двигаться без остановок 24 ч, совершая до 500 дополнительных технологических циклов.

Исходя из этих предпосылок, продолжительность рабочей смены (суток)  $T_{см}$  принималась максимально возможной, но не превышающей фактическую более чем на 2,5 ч. В результате продолжительность рабочей смены (суток)  $T_{см}$  была увеличена на +0,6 ч для разреза «Кедровский», до +1,9 ч на разрезах «Моховский» и «Бачатский», +2,3 ч на разрезе «Краснобродский», +2,5 ч на разрезах «Талдинский» и «Калтанский», составляя в целом по Компании +2,3 ч (табл. 1).

Соответственно изменилось количество рейсов, которые потенциально могут выполнить беспилотные КС по сравнению с фактическими данными. Увеличение числа рейсов составило от 13 до 20% при среднем значении 17,5% (см. табл. 1).

Простои экскаваторов  $t_{пр}^э$ , расстояния транспортирования  $L_{тр}$ , время погрузки КС экскаваторами  $t_{гр}^э$ , время груженого  $t_{гр}$  и порожнего  $t_{пор}$  пробега КС и время разгрузки  $t_{разгр}$  в расчете на один рейс остаются без изменений (см. табл. 1). Продолжительность рейса  $t_p$  несколько уменьшилась благодаря отсутствию затрат времени на ожидание погрузки. Значительно сокращаются простои КС  $t_{пр}^к$  и общие внутрисменные простои техники  $t_{пр}^т$ . В результате однозначно увеличился коэффициент эксплуатационной производительности  $k_{ЭАК}$  (см. табл. 1), и изменился как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения функциональный критерий  $\lambda$ .

В общей сложности к рассмотрению приняты сводные отчеты о работе фактических ЭАК разрезов, входящих в состав УК «Кузбассразрезуголь», а также сводные отчеты о работе ЭАК с применением беспилотных КС вместо обычных, полученные путем пересчета указанных выше величин для фактических данных. Сводный отчет о работе дей-

ствующих и роботизированных ЭАК разрезов и УК «Кузбассразрезуголь» в целом приведен в табл. 1.

Таблица 1

**Сводный отчет о работе действующих и роботизированных ЭАК применительно к условиям УК «Кузбассразрезуголь»**

Summary report on the operation of existing and robotized STS for the conditions of the Kuzbassrazrezugol JSC

Показатели	Всего по разрезу, в том числе:	На один КС	На один рейс
Общие внутрисменные простои техники, $t_{пр}^т$ мин	<b>Разрез «Кедровский»</b> (31 КС; 1064/1277 рейсов; $k_{ЭАК} = 0,888/0,905; \lambda = 0,597/0,609$		
	4820/4607	155,5/148,6	4,5/3,6
	<b>Разрез «Моховский»</b> (28 КС; 1632/1958 рейсов; $k_{ЭАК} = 0,894/0,947; \lambda = 0,597/0,609$		
	4874/2636	174,1/94,1	3,0/1,4
	<b>Разрез «Бачатский»</b> (67 КС; 1833/2200 рейсов; $k_{ЭАК} = 0,922/0,970; \lambda = 0,500/0,497$		
	7114/2995	106,2/44,7	3,9/1,4
	<b>Разрез «Краснобродский»</b> (93 КС; 3518/3975 рейсов; $k_{ЭАК} = 0,968/0,976; \lambda = 0,682/0,676$		
	4209/3517	45,3/37,8	1,2/0,9
	<b>Разрез «Талдинский»</b> (91 КС; 3372/4046 рейсов; $k_{ЭАК} = 0,946/0,962; \lambda = 0,704/0,718$		
	6376/5000	70,1/54,9	1,9/1,2
<b>Разрез «Калтанский»</b> (31 КС; 1241/1427 рейсов; $k_{ЭАК} = 0,964/0,967; \lambda = 0,410/0,417$			
1741/1824	56,2/58,8	1,4/1,3	
<b>УК «Кузбассразрезуголь»</b> (341 КС; 12660/14883 рейса; $k_{ЭАК} = 0,939/0,961; \lambda = 0,591/0,587$			
29135/20579	85,4/60,3	2,3/1,4	
Простои КС, $t_{пр}^к$ мин	Разрез «Кедровский»		
	2126/1913	68,6/61,7	2,0/1,5
	Разрез «Моховский»		
	1022/553	36,5/19,8	0,6/0,3
	Разрез «Бачатский»		
	5620/1501	83,9/28,4	3,1/0,7
	Разрез «Краснобродский»		
	1947/1255	20,9/13,5	0,5/0,3
	Разрез «Талдинский»		
	2818/1442	31/15,8	0,8/0,4
Разрез «Калтанский»			
457/354	14,8/11,4	0,4/0,25	
УК «Кузбассразрезуголь»			
29135/20579	41/20,6	1,1/0,5	



Продолжение табл. 1

Показатели	Всего по разрезу, в том числе:	На один КС	На один рейс
Простои экскаваторов, $t_{пр}^э$ , мин	Разрез «Кедровский»		
	2694	86,9	2,5/2,1
	Разрез «Моховский»		
	3853/2080	137,6/74,3	2,4/1,1
	Разрез «Бачатский»		
	1494	22,3	0,8/0,7
	Разрез «Краснобродский»		
	2262	24,3	0,6
	Разрез «Талдинский»		
	3558	39,1	0,9
	Разрез «Калтанский»		
1471	47,4	1,2	
УК «Кузбассразрезуголь»			
15331/13568	45/39,8	1,2/0,9	
Расстояние транспортирования, $L_{тр}$ , км	Разрез «Кедровский»		
	3714/4457	119,8/143,8	3,5
	Разрез «Моховский»		
	3361/4033	120/144	2,1
	Разрез «Бачатский»		
	10611/12739	158,4/190	5,8
	Разрез «Краснобродский»		
	16182/18286	174/195,8	4,6
	Разрез «Талдинский»		
	13072/15686	143,6/172,4	3,9
	Разрез «Калтанский»		
4722/5430	152,3/175,2	3,8	
УК «Кузбассразрезуголь»			
51661/60625	151,5/177,8	4,1	
Время погрузки, $t_{пр}^э$ , мин	Разрез «Кедровский»		
	4004/4805	129,2/155,0	3,8
	Разрез «Моховский»		
	6041/7248	215,8/258,8	3,7
	Разрез «Бачатский»		
	4528/5433	67,6/81,1	2,5
	Разрез «Краснобродский»		
	9567/10811	102,9/116,2	2,7
	Разрез «Талдинский»		
	9750/11700	107,1/128,6	2,9
	Разрез «Калтанский»		
4448/5115	143,5/165,0	3,6	
УК «Кузбассразрезуголь»			
38337/45112	112,4/132,3	3,0	

Продолжение табл. 1

Показатели	Всего по разрезу, в том числе:	На один КС	На один рейс
Время груженого пробега, $t_{гр}$ , мин	Разрез «Кедровский»		
	15531/16208	501,0/522,8	14,6/12,7
	Разрез «Моховский»		
	11639/13966	415,7/498,8	7,1
	Разрез «Бачатский»		
	36689/44024	547,6/657,1	20
	Разрез «Краснобродский»		
	55997/63276	602,1/680,4	15,9
	Разрез «Талдинский»		
	45022/54026	494,7/593,7	13,4
	Разрез «Калтанский»		
16282/18724	525,2/604,0	13,1	
УК «Кузбассразрезуголь»			
179131/210224	525,3/616,5	14,1	
Время разгрузки, $t_{разг}$ , мин	Разрез «Кедровский»		
	874/1050	28,2/33,9	0,8
	Разрез «Моховский»		
	1530/1836	54,7/65,6	0,9
	Разрез «Бачатский»		
	1690/2028	25,2/30,3	0,9
	Разрез «Краснобродский»		
	2880/3745	31/40,3	0,9
	Разрез «Талдинский»		
	2761/3313	30,3/36,4	0,8
	Разрез «Калтанский»		
1091/1254	35,2/40,5	0,9	
УК «Кузбассразрезуголь»			
10826/13226	31,7/38,8	0,9	
Время порожнего пробега, $t_{пор}$ , мин	Разрез «Кедровский»		
	11515/12018	371,5/387,7	10,8/9,4
	Разрез «Моховский»		
	9395/11274	335,5/402,6	5,8
	Разрез «Бачатский»		
	27965/33558	417,4/500,9	15,3
	Разрез «Краснобродский»		
	42573/48107	457,8/517,3	12,1
	Разрез «Талдинский»		
	34307/41168	377/432,4	10,2
	Разрез «Калтанский»		
12500/14375	403,2/463,7	10,1	
УК «Кузбассразрезуголь»			
136752/160500	401/470,7	10,8	

Продолжение табл. 1

Окончание табл. 1

Показатели	Всего по разрезу, в том числе:	На один КС	На один рейс
Продолжительность рейса, $t_p$ , мин	Разрез «Кедровский»		
	32784/34081	1057,6/1099,4	30,8/27,5
	Разрез «Моховский»		
	28960/34324	1034,3/1225,8	17,7/17,5
	Разрез «Бачатский»		
	73142/85043	1034,3/1225,8	39,9/38,6
	Разрез «Краснобродский»		
	112348/125939	1208/1354,2	31,9/31,7
	Разрез «Талдинский»		
	95126/110206	1045/1211	28,2/27,3
	Разрез «Калтанский»		
	34908/39468	1126,1/1273,1	28,1/28,1
	УК «Кузбассразрезуголь»		
373741/429061	1096/1258,2	29,5/28,8	

Показатели	Всего по разрезу, в том числе:	На один КС	На один рейс
Время рейса с учетом простоев техники, $(t_p + t_{пр}^T)$ , мин	Разрез «Кедровский»		
	37704/38688	1213/1248	(20,2/20,8 ч)
	Разрез «Моховский»		
	33835/36960	1208/1320	(20,1/22,0 ч)
	Разрез «Бачатский»		
	80256/88038	1198/1314	(20,0/21,9 ч)
	Разрез «Краснобродский»		
	116557/129456	1253/1392	(20,9/(23,2 ч)
	Разрез «Талдинский»		
	101502/115206	1115/1266	(18,6/21,1 ч)
	Разрез «Калтанский»		
	36649/41292	1182/1332	(19,7/(22,2 ч)
	УК «Кузбассразрезуголь»		
402876/449964	1181/1318	(19,7/22,0 ч)	

Примечание: здесь и далее в числителе – показатели работы действующих ЭАК; в знаменателе – роботизированных ЭАК.

Далее приводятся: функциональный критерий, исходные расчетные показатели работы ЭАК (табл. 2), удельные значения показателей качества работы ЭАК, из которых выбираются базовые показатели эталонного разреза.

Поскольку производится сравнение качества функционирования роботизированных ЭАК с действующими, в качестве базы для оценки приняты значения для действующих ЭАК. Оценка качества работы ЭАК производится по формулам методики Г.И. Солода [21].

Особенная зависимость для определения комплексного показателя качества работы ЭАК разреза имеет следующий вид:

$$k_m = \frac{1}{(n-1)\sum_1^N q_{mn}} \sqrt{n \sum_1^N \left[ q_{mn} \left( \sum_1^N q_{mn} - q_{mn} \right) \right]^2}$$

где  $n$  – количество единичных показателей качества;  $N$  – количество рассматриваемых разрезов;  $q_{mn}$  – уровень качества по каждому единичному показателю на каждом разрезе.

Таблица 2

**Исходные расчетные показатели работы ЭАК**

Initial calculated indicators of the STS performance

Показатели	Разрезы					
	«Кедровский»	«Моховский»	«Бачатский»	«Краснобродский»	«Талдинский»	«Калтанский»
Показатель производительности экскаваторного парка, $\Pi^3$ , м <sup>3</sup> /мин	40,32	21,14	64,19	45,24	50,18	29,20
Показатель производительности автотранспортного парка, $\Pi^c$ , м <sup>3</sup> /мин	<u>4,52</u>	<u>4,02</u>	<u>3,57</u>	<u>3,51</u>	<u>4,14</u>	<u>4,0</u>
	4,65	4,07	3,70	3,54	4,28	4,06
Эксплуатационная скорость КС автотранспортного парка в течение смены, $\vartheta$ , км/ч	<u>13,08</u>	<u>11,92</u>	<u>15,87</u>	<u>16,66</u>	<u>15,47</u>	<u>15,44</u>
	13,82	13,35	17,39	16,95	16,44	15,76
Доля простоев техники в продолжительности рабочей смены, $k_{пр}^\Sigma$	<u>0,167</u>	<u>0,155</u>	<u>0,117</u>	<u>0,048</u>	<u>0,095</u>	<u>0,064</u>
	0,119	0,071	0,034	0,027	0,043	0,044
Соотношение простоев экскаваторов и КС $k_{пр}^{\Sigma-c}$	<u>0,902</u>	<u>2,796</u>	<u>0,189</u>	<u>0,690</u>	<u>0,583</u>	<u>1,409</u>
	1,408	3,761	0,995	1,802	2,467	4,153
Соотношение времени работы и простоев (показатель производительного использования) экскаваторного парка, $k_p^3$	<u>1,486</u>	<u>1,569</u>	<u>3,031</u>	<u>4,229</u>	<u>2,740</u>	<u>3,024</u>
	1,809	3,364	3,571	4,500	3,222	3,600
Соотношение времени работы и простоев (показатель производительного использования) автотранспортного парка, $k_p^c$	<u>9,51</u>	<u>20,77</u>	<u>8,98</u>	<u>33,86</u>	<u>15,04</u>	<u>32,88</u>
	17,80	58,33	55,15	105,7	68,25	110,8

Единые и обобщенные показатели качества работы ЭАК  
Single and generalized indicators of the STS operation quality

Показатели	Разрезы						
	«Краснобродский»	«Талдинский»	«Бачатский»	«Кедровский»	«Моховский»	«Калтанский»	
Единые показатели	$q_1(\Pi^3)$	0,873 0,865	1,0 1,018	0,907 0,904	0,682 0,695	0,391 0,374	0,339 0,345
	$q_2(\Pi^c)$	0,823 0,821	1,0 1,055	0,613 0,631	0,925 0,972	0,900 0,873	0,562 0,580
	$q_3(\vartheta_3)$	1,0 1,008	0,959 1,039	0,698 0,761	0,687 0,741	0,685 0,734	0,557 0,578
	$q_4(k_{\text{пр}}^{\Sigma})$	1,0 1,750	0,519 1,167	0,299 1,029	0,250 0,359	0,295 0,614	0,452 0,660
	$q_5(k_{\text{пр}}^{\Sigma-c})$	0,374 0,142	0,457 0,110	1,0 0,189	0,250 0,163	0,088 0,063	0,110 0,038
	$q_6(k_p^3)$	1,0 1,055	0,670 0,803	0,526 0,616	0,308 0,382	0,356 0,729	0,430 0,521
	$q_7(k_p^c)$	1,0 3,093	0,459 2,123	0,194 1,186	0,246 0,470	0,588 1,580	0,584 2,005
Обобщенный показатель	$k_m$	0,879 1,397	0,737 1,092	0,626 0,784	0,499 0,560	0,494 0,747	0,446 0,696

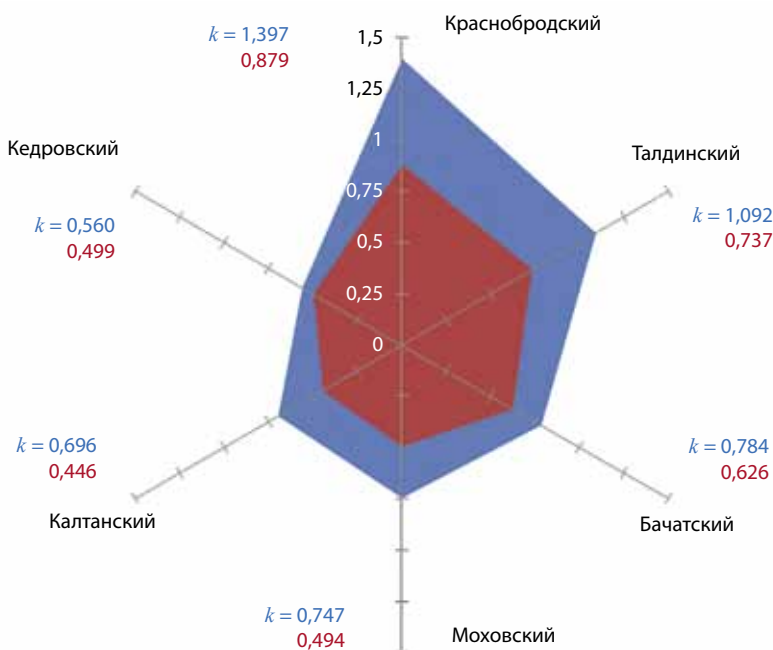


Диаграмма обобщенного показателя качества работы ЭАК разрезов УК «Кузбассразрезуголь» (синим цветом – роботизированных; красным – действующих)

Diagram of the generalized indicator of the STS operation quality at the Kuzbassrazrezugol JSC mines (blue is for robotized STS; red is for existing STS)

Результаты расчета представлены в табл. 3. При этом в табл. 3 разрезы ранжированы по обобщенному показателю.

Результаты расчета показателей качества работы действующих и роботизированных ЭАК удобно представить по аналогии с диаграммой, представленной на рис. 2.3 в работе [1] (см. рисунок).

Анализ значений единичного показателя  $q_1(\Pi^3)$ , характеризующего возможности экскаваторного парка ЭАК разреза в плане обеспечения погрузки требуемого объема горной массы (см. табл. 3),  $q_2(\Pi^c)$ , отражающего возможности автотранспортных парков ЭАК,  $q_3(\vartheta_3)$ , отражающего влияние эксплуатационной скорости КС на уровень качества работы ЭАК,  $q_6(k_p^3)$ , отражающего эффективность соотношения производительного (работа) и непроизводительного (простои) использования экскаваторной техники, показывает незначительное увеличение уровня качества, поскольку эти показатели при переходе к роботизированному варианту при заданных условиях не изменяются или изменяются мало (см. табл. 2).

Значительно уменьшились значения показателя  $q_5(k_{\text{пр}}^{\Sigma-c})$ , характеризующего соотношение простоев экскаваторов и КС и показы-



вающего степень влияния его на качество работы ЭАК (см. табл. 3). Это уменьшение связано с существенным сокращением простоев автотранспортных парков при сохранении практически без изменений простоев экскаваторных парков роботизированных ЭАК.

Особенно сильно улучшаются для роботизированного варианта показатели  $q_4(k_{пр}^{\Sigma})$  и  $q_7(k_p^c)$ , характеризующие влияние суммарных простоев погрузочно-транспортной техники на качество работы ЭАК и рациональность соотношения рабочего времени и простоев автотранспортных парков соответственно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате ЭАК всех разрезов в роботизированном варианте работают лучше действующих от 12% на разрезе «Кедровский» и до 59% на разрезе «Краснобродский», составляя в целом по Компании 42%.

Это свидетельствует о значительном повышении качества функционирования ЭАК при использовании в составе автотранспортных парков ЭАК разрезов беспилотных КС.

### Список литературы

1. Оценка качества работы экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов Кузбасса / А.Ю. Воронов, А.А. Хорешок, Ю.Е. Воронов и др. // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 2. С. 19-26. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-19-26.
2. Воронов А.Ю., Стенина Н.А., Воронов Ю.Е. Системы диспетчеризации на карьерах: прошлое, настоящее и будущее // Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 4. С. 41-47. DOI: 10.26730/1816-4528-2019-4-40-47.
3. Воронов А.Ю., Воронов Ю.Е. Современное состояние и перспективы развития роботизированных грузоперевозок на карьерах // Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 6. С. 16-24. DOI: 10.26730/1816-4528-2019-6-16-24.
4. Цифровая экономика Западной Австралии – умные горнорудные и нефтегазовые предприятия, железные дороги, морские порты и формализованные онтологии / И.А. Соколов, А.С. Мишарин, В.П. Куприяновский и др. // International Journal of Open Information Technologies. 2018. Т. 6. № 6. С. 44-62.
5. Мониторинг динамического состояния автономных тяжелых платформ на карьерных маршрутах горнорудных предприятий / С.Г. Костюк, И.В. Чичерин, Б.А. Федосенков и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. Т. 12. № 4. С. 600-608. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-600-608.
6. Об изменении эффективной производительности экскаваторов при использовании карьерных самосвалов с различной вместимостью кузова / А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин, С.О. Марков и др. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 6. С. 85-93. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93.
7. Об интенсивности изменения производительности автономной тяжелой платформы / М.А. Тюленев, С.О. Марков, Д.М. Дубинкин и др. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 1. С. 97-108. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-1-97-108.
8. Чичерин И.В., Федосенков Б.А., Дубинкин Д.М. Мониторинг текущих траекторий перемещения автономных тяжелых платформ по карьерным маршрутам горнорудных предприятий // Горная промышленность. 2021. № 5. С. 76-83. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-76-83.
9. Evaluating the impact of excavator bucket capacity on the output of a haul truck in different variants of their positioning / V.V. Aksenov, D.M. Dubinkin, A.A. Khoreshok et al. / Journal of Physics: Conference Series: 3, Veliky Novgorod, 06-07 September 2021. Vol. 2052. RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 012001. DOI: 10.1088/1742-6596/2052/1/012001.
10. Обзор систем безлюдных грузовых перевозок на карьерах / А.Ю. Воронов, Ю.Е. Воронов, И.С. Сыркин и др. // Уголь. 2022. № S12. С. 30-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-30-36.
11. Оптимизация параметров экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов / А.Ю. Воронов, А.А. Хорешок, Ю.Е. Воронов и др. // Горная промышленность. 2022. № 5. С. 92-98. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-92-98.
12. Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Воронов Ю.Е. Обзор моделей диспетчеризации карьерного автотранспорта // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 111-121. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121.
13. Диспетчеризация в карьерных экскаваторно-автомобильных комплексах с беспилотным транспортом / Ю.Е. Воронов, А.Ю. Воронов, Д.М. Дубинкин и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 75-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-75-83.
14. Gleeson D. Why the Pilbara leads the way in haul truck automation. [Электронный ресурс]. URL: <https://im-mining.com/2019/08/06/pilbara-leads-way-haul-truck-automation/> (дата обращения: 15.10.2023).
15. Parreira J. An interactive simulation model to compare an autonomous haulage truck system with a manually-operated system. PhD thesis, Vancouver, The University of British Columbia, 2013, 228 p.
16. Schmidt D. For the long haul // Coal Age. 2014. No 119. P. 26-29.
17. Кучумова А. Без человека в кабине // Добывающая промышленность. 2019. № 2. С. 92-98.
18. Report 2 – Autonomous mining equipment // New Technology & Innovation. RFC Ambrian, May 2019. 36 p.
19. Brown C. Autonomous vehicle technology in mining // Engineering & Mining Journal. 2012. No 213. P. 30-32.
20. Golbasi O., Dagdelen K. Equipment replacement analysis of manual trucks with autonomous truck technology in open pit mines. APCOM 38. Golden, COL: Colorado School of Mines, 2017. P. 19-9–19-20.
21. Солод Г. И. Основы квалитметрии. М.: МГИ, 1991. 84 с.

Original Paper

UDC 622.23.05 © Yu.E. Voronov, A.Yu. Voronov, D.M. Dubinkin, O.S. Maksimova, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 65-71  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-65-71>

**Title****DISPATCHING IN TRUCK-SHOVEL SYSTEMS WITH UNMANNED TRANSPORT AT OPEN-PIT MINES****Authors**

Voronov Yu.E.<sup>1</sup>, Voronov A.Yu.<sup>1</sup>, Dubinkin D.M.<sup>1</sup>, Maksimova O.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Authors Information**

**Voronov Yu.E.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: [vyue.ap@kuzstu.ru](mailto:vyue.ap@kuzstu.ru)

**Voronov A.Yu.**, PhD (Engineering), Associate Professor, e-mail: [voronovayu@kuzstu.ru](mailto:voronovayu@kuzstu.ru)

**Dubinkin D.M.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Leading Researcher Associate, e-mail: [ddm.tm@kuzstu.ru](mailto:ddm.tm@kuzstu.ru)

**Maksimova O.S.**, Junior Researcher, e-mail: [maksimovaos@kuzstu.ru](mailto:maksimovaos@kuzstu.ru)

**Abstract**

Robotized (or unmanned) cargo transportation systems with remote control have been used in open-pit mining for more than 10 years. Removing the "human element" from the production process usually improves its safety and productivity, as well as reduces operating costs. Thus, the use of unmanned mining dump trucks as part of the motor transport fleets of open-pit shovel-truck systems (STS), according to the results of research and their practical testing, showed the advantages of robotized STSs compared to conventional ones. A comparative assessment of the operation quality for conventional and robotized STSs allows to show the degree of this improvement. It has been estimated that the STS operation quality at all open-pit coal mines in the robotized version is higher than the conventional STS from 12% (at the Kedrovsky Mine) to 59% (at the Krasnobrodsky Mine), totaling 42% for the Kuzbassrazrezugol JSC. This indicates a significant improvement in the STS operation quality when using unmanned mining trucks as part of the STS motor transport fleet at open-pit coal mines.

**Key words**

Open-pit mine, Shovel-truck system, Unmanned mining dump truck, Comparative assessment.

**References**

- Voronov An.Yu., Khoreshok A.A., Voronov Yu.E., Buyankin A.V. & Voronov Ar.Yu. Assessment of the operation quality of shovel-truck systems at open-pit coal mines in Kuzbass. *Gornoe oborudovanie i electromechanika*, 2020, (2), pp. 19-26. (In Russ.).
- Voronov Ar.Yu., Stenina N.A. & Voronov Yu.E. Dispatching systems at open-pit mines: the past, the present and the future. *Gornoe oborudovanie i electromechanika*, 2019, (4), pp. 40-47. (In Russ.).
- Voronov Ar.Yu. & Voronov Yu.E. Current state and development prospects of the autonomous haulage at open-pit mines. *Gornoe oborudovanie i electromechanika*, 2019, (6), pp. 16-24. (In Russ.).
- Sokolov I.A., Misharin A.S., Kupriyanovsky V.P., Pokusaev O.N. & Larin O.N. The digital economy of Western Australia – smart mining, oil, gas enterprises, railways, seaports, and formalized ontologies. *International Journal of Open Information Technologies*, 2018, Vol. 6, (6), pp. 44-62. (In Russ.).
- Kostyuk S.G., Chicherin I.V., Fedosenkov B.A. & Dubinkin D.M. Monitoring of the dynamic state of autonomous heavy platforms on quarry routes of mining enterprises. *Sustainable development of mountain territories*, 2020, Vol. 12, (4), pp. 600-608. (In Russ.). DOI: [10.21177/1998-4502-2020-12-4-600-608](https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-4-600-608).
- Horeshok A.A., Dubinkin D.M., Markov S.O. & Tyulenev M.A. On the change in the effective productivity of excavators when using dump trucks with different body capacity. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2021, (6), pp. 85-93. (In Russ.). DOI: [10.26730/1999-4125-2021-6-85-93](https://doi.org/10.26730/1999-4125-2021-6-85-93).
- Tyulenev M.A., Markov S.O., Dubinkin D.M. & Aksenov V.V. On the intensity of changes in the performance of an autonomous heavy platform. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2021, (1), pp. 97-108. (In Russ.). DOI: [10.26730/1999-4125-2021-1-97-108/](https://doi.org/10.26730/1999-4125-2021-1-97-108/)
- Chicherin I.V., Fedosenkov B.A. & Dubinkin D.M. Monitoring of current trajectories of movement of autonomous heavy platforms along quarry

routes of mining enterprises. *Mining Industry*, 2021, (5), pp. 76-83. (In Russ.). DOI: [10.30686/1609-9192-2021-5-76-83](https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-5-76-83).

9. Aksenov V.V., Dubinkin D.M., Khoreshok A.A. et al. Evaluating the impact of excavator bucket capacity on the output of a haul truck in different variations of their positioning. *Journal of Physics: Conference Series*: 3, Veliky Novgorod, 06-07 September 2021. Vol. 2052. RUS: IOP Publishing Ltd, 2021, P. 012001. DOI: [10.1088/1742-6596/2052/1/012001](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2052/1/012001).

10. Voronov A.Yu., Voronov Yu.E., Syrkin I.S., Nazarenko S.V. & Yunusov I.F. A review of unmanned haulage systems at open-pit mines. *Ugol'*, 2022, (S12), pp. 30-36. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2022-S12-30-36](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-S12-30-36).

11. Voronov A.Yu., Horeshok A.A., Voronov Yu.E. et al. Optimization of parameters of excavator-automobile complexes of sections. *Mining industry*, 2022, (5), pp. 92-98. (In Russ.). DOI: [10.30686/1609-9192-2022-5-92-98](https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-5-92-98).

12. Voronov A.Yu., Dubinkin D.M. & Voronov Yu.E. Overview of models of dispatching of quarry vehicles. *Mining Industry*, 2022, (6), pp. 111-121. (In Russ.). DOI: [10.30686/1609-9192-2022-6-111-121](https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-6-111-121).

13. Voronov Yu.E., Voronov A.Yu., Dubinkin D.M. & Maksimova O.S. Dispatching in truck-shovel systems with unmanned transport at open-pit mines. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 75-83. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-9-75-83](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-75-83).

14. Gleeson D. Why the Pilbara leads the way in haul truck automation. Available at: <https://im-mining.com/2019/08/06/pilbara-leads-way-haul-truck-automation/> (accessed 15.10.2023).

15. Parreira J. An interactive simulation model to compare an autonomous haulage truck system with a manually-operated system. PhD thesis, Vancouver, The University of British Columbia, 2013, 228 p.

16. Schmidt D. For the long haul. *Coal Age*, 2014, (119), pp. 26-29.

17. Kuchumova A. Without a human in the cab. *Dobyvayushchaya promyshlennost*, 2019, (2), pp. 92-98. (In Russ.).

18. Report 2 – Autonomous mining equipment. *New Technology & Innovation. RFC Ambrian*, May 2019, 36 p.

19. Brown C. Autonomous vehicle technology in mining. *Engineering & Mining Journal*, 2012, (213), pp. 30-32.

20. Golbasi O. & Dagdelen K. Equipment replacement analysis of manual trucks with autonomous truck technology in open pit mines. *APCOM 38*. Golden, COL: Colorado School of Mines, 2017, pp. 19-9-19-20.

21. Solod G.I. *Fundamentals of qualimetry*. Moscow, MGI Publ., 1991, 84 p. (In Russ.).

**Acknowledgements**

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation under Agreement № 075-15-2022-1198 dated 30.09.2022 with the Gorbachev Kuzbass State Technical University on complex scientific and technical program of full innovation cycle: "Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life" (the "Clean Coal – Green Kuzbass" Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle) as part of implementing the project "Development and creation of an unmanned shuttle-type mine truck with a payload of 220 tonnes" in terms of research, development and experimental-design work.

**For citation**

Voronov Yu.E., Voronov A.Yu., Dubinkin D.M. & Maksimova O.S. Dispatching in truck-shovel systems with unmanned transport at open-pit mines. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 65-71. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-11-65-71](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-65-71).

**Paper info**

Received September 22, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

# Выявление значений фрактальной размерности Минковского для частиц пыли, образованной в результате массовых взрывов на угольном разрезе\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-72-76>

## СТРЕЛЕЦКИЙ А.А.

Ведущий инженер ИПКОН РАН,  
111020, г. Москва, Россия,  
e-mail: Seaman1079@yandex.ru

## КУБРИН С.С.

Доктор техн. наук, профессор,  
ученый секретарь ИПКОН РАН  
111020, г. Москва, Россия,  
e-mail: s\_kubrin@mail.ru

*В статье описан метод выделения контура изображений частиц пыли, полученных методом сканирующей электронной микроскопии и последующего расчета фрактальной размерности. Приведены результаты исследований размерности Минковского для частиц пыли, образованной в результате проведения массовых взрывов на угольном разрезе.*

**Ключевые слова:** размерность Минковского, фрактальная размерность, угольный разрез, пылегазовое облако, сканирующая электронная микроскопия.  
**Для цитирования:** Стрелецкий А.А., Кубрин С.С. Выявление значений фрактальной размерности Минковского для частиц пыли, образованной в результате массовых взрывов на угольном разрезе // Уголь. 2023. №11. С. 72-76. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-72-76.

## ВВЕДЕНИЕ

Частицы пыли, образованные в результате массовых взрывов на угольных разрезах, являются фактором, крайне негативно влияющим на окружающую среду и в частности на здоровье человека. Мелкодисперсные частицы, в особенности PM<sub>2,5</sub> проникают в дыхательные пути человека, способствуя возникновению различных пневмопатологий, таких как: силикоз, пневмокониоз [1, 2]. Помимо этого, следует отметить, что данные частицы способны проникать в кровеносную систему человека из-за своего небольшого размера и в последствии также вызывать ряд заболеваний сердечно-сосудистой системы [3, 4], а также способствуют возникновению новообразований в организме [5, 6]. Исходя из этого можно сделать вывод, что проникающая способность пыли и степень ее негативного влияния напрямую зависят от ее морфологических характеристик, таких как размер и шероховатость поверхности.

Горнодобывающие предприятия – одни из крупнейших источников загрязнения окружающей среды, являющиеся первичным очагом возникновения мелкодисперсной пыли.

\* Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках мероприятия №1 Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 года № 1144-р, и соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 075-15-2022-1185 от 28 сентября 2022 года.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для проведения исследования морфологических характеристик пыли, образованной в результате проведения массовых взрывов на угольном разрезе, отбор проб производился на аэрозольные фильтры. Затем пробы были подвергнуты ситовому анализу. По результатам проведенного ситового анализа наименьшая фракция (менее 0,005 мм) была исследована методом электронной микроскопии. С помощью электронного микроскопа было получено 110 изображений различных частиц пыли. Данные изображения были классифицированы относительно длины измерительной шкалы микроскопа (в мкр).

В табл. 1 представлены результаты классификации изображений.

Таблица 1

**Классификация изображений различных частиц пыли относительно длины измерительной шкалы микроскопа**

Classifications of images of different dust particles with relation to the length of the microscope measuring scale

1 мкр	2 мкр	5 мкр	10 мкр
4	44	53	9

Исходя из распределения частиц по размеру, можно сделать вывод о том, что размерности 2 мкр и 5 мкр включают в себе наибольшее количество частиц пыли.

На рис. 1 представлены полученные с помощью электронного микроскопа изображения частиц пыли.

Последующая обработка изображений, а также расчет фрактальной размерности Минковского производились с помощью оригинального программного кода, реализованного на языке Python. В результате обработки изображения путем использования библиотеки OpenCV, являющейся совокупностью алгоритмов компьютерного зрения, обработка изображений, машинного обучения, формируется копия изображенного объекта, площадь которого ограничена черным контуром. Пример работы алгоритма представлен на рис. 2.

Впоследствии фрактальная размерность Минковского была рассчитана для изображения, ограниченного контуром, с помощью метода квадратов [7].

Результаты расчета представлены в табл. 2.

Исходя из результатов расчетов размерности Минковского, приведенных в табл. 2, можно сделать вывод, что размерность частиц заключена в пределах от 1.164 до 1.416.

Опасность мелкодисперсных частиц пыли для организма человека доказана множеством научных исследований, как зарубежных, так и отечественных [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

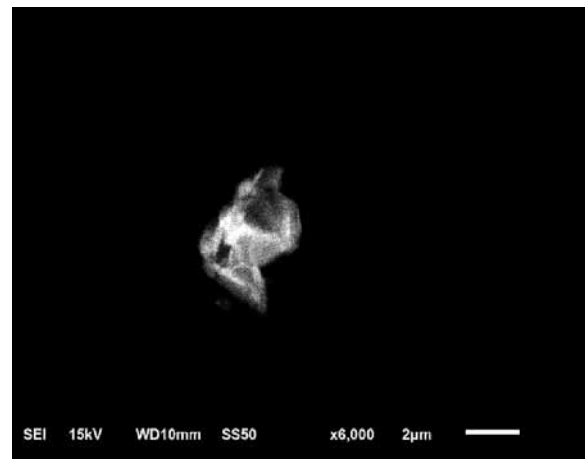
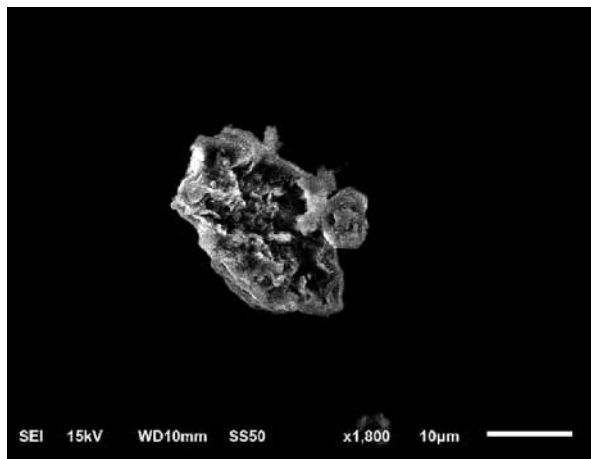
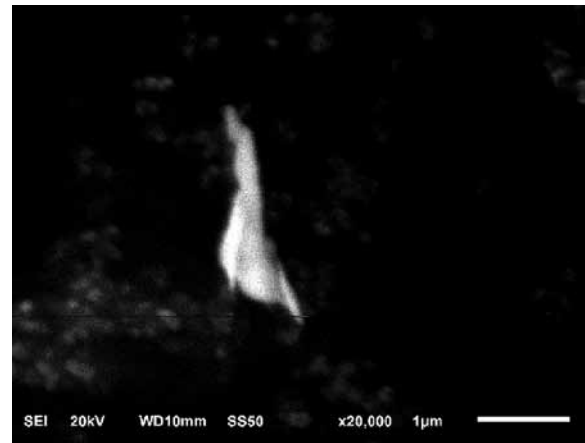
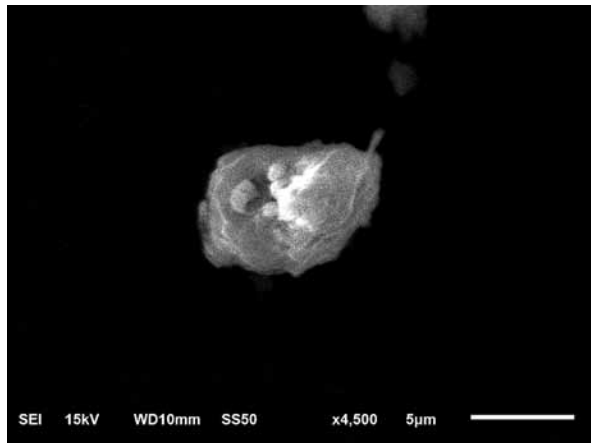


Рис. 1. Изображения частиц пыли, полученные с помощью электронного микроскопа

Fig. 1. Electron microscope images of dust particles





Рис. 2. Копия изображенного объекта, площадь которого ограничена черным контуром  
 Fig. 2. A copy of the represented object, the area of which is limited with a black outline

Таблица 2

**Результаты расчета фрактальной размерности Минковского, рассчитанной с помощью метода квадратов для изображения, ограниченного контуром**

Results of the Minkowski fractal dimension calculated using the box-counting method for an outline-limited image

1 um	1.31868304307495; 1.28629055499146; 1.26492434652107; 1.27666687056815
2 um	1.34980739269480; 1.21598596598440; 1.24853444510498; 1.18452889063744; 1.16415223977489; 1.34156753666739; 1.32878642944771; 1.17834007608357; 1.33302269820733; 1.18394736926217; 1.30224816300007; 1.23120315394330; 1.21928258556511; 1.20534080162839; 1.20791743460796; 1.25070463248590; 1.24338962884984; 1.31514207860208; 1.33189889989266; 1.31368039246535; 1.23953565358668; 1.23199895224521; 1.25912564163954; 1.27043327952080; 1.18872853519110; 1.39214744381136; 1.18607746246875; 1.16778953085862; 1.20548543664017; 1.21800103484003; 1.16517049545311; 1.23652628322023; 1.16993432732998; 1.19928314276362; 1.28293862164748; 1.28539287409156; 1.27351020931994; 1.17664514493441; 1.24693889121912; 1.19406701707343; 1.41624291033822; 1.20900638441206; 1.34328390218461; 1.17356423194522
5 um	1.35574084013513; 1.31912411642859; 1.26953077726383; 1.26179694191454; 1.17621697436656; 1.17669863580852; 1.29406348264228; 1.19309225469923; 1.35740345488107; 1.30626893597439; 1.28511543546876; 1.36167625281901; 1.33536017941035; 1.17725263475521; 1.27467845101210; 1.16496306303885; 1.17171388781007; 1.23429177667840; 1.26114037091690; 1.21897205482436; 1.24654623823840; 1.16467801841041; 1.29199628288729; 1.18336097686992; 1.20771679046682; 1.18128086329268; 1.30874511329776; 1.33609965407809; 1.16625392511480; 1.18262920116550; 1.18209046299842; 1.27433453388485; 1.19380189154003; 1.17116547505209; 1.31328038412779; 1.22352556075055; 1.27320203080300; 1.21967746712032; 1.26868906088943; 1.19131174127066; 1.25743812480569; 1.20074422565965; 1.18545865433911; 1.18442510737928; 1.22868550974005; 1.22892899083664; 1.28099373801087; 1.19374631296147; 1.21402795426781; 1.17219655812349; 1.19169001567320; 1.24528363974128; 1.28378945875142
10 um	1.17987395164382; 1.17232982228866; 1.17021931786715; 1.28220133420692; 1.20805828013783; 1.17815815221868; 1.17030427482876; 1.18011545199992; 1.21539778649004

По ранее полученным данным рентгенофлуоресцентного анализа было установлено что преобладающим веществом в образцах отобранной пыли является SiO<sub>2</sub>, другие соединения присутствуют в меньшем количестве. Подобные результаты описаны в работе [15]. Преобладание в пробах двуокиси кремния является одним из факторов, влияющих на форму частиц пыли [16]. Также ранее было установлено что помимо SiO<sub>2</sub> в образцах присутствуют Cu, Zn, Zr, Rn, Sr. Некоторые из представленных элементов являются токсичными для живых организмов и человека в частности.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Фрактальная размерность Минковского, рассчитанная для частиц пыли, образованных в результате проведения массовых взрывов на угольном разрезе, позволяет заключить, что бо́льшая проекционная площадь поверхности может усиливать негативное воздействие на организм человека в том числе и на его ДНК [17]. В работах [11, 12, 13] установлено, что наряду с элементным составом и формой размер и площадь частиц – один из ключевых негативных факторов.

**Список литературы**

1. Particulate Air Pollution in Ho Chi Minh City and Risk of Hospital Admission for Acute Lower Respiratory Infection (ALRI) among Young Children / L.T.M. Luong, T.N. Dang, N.T. Thanh Huong et al. // Environ. Pollut. 2020. Vol. 257. 113424. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113424.
2. Ambient PM2.5 and PM10 Exposure and Respiratory Disease Hospitalization in Kandy, Sri Lanka / S. Priyankara, M. Senarathna, R. Jayaratne et al. // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. No 18. P. 9617. DOI: 10.3390/ijerph18189617.
3. Levels and Health Risk Assessment of PM10 Aerosol in Brno, Czech Republic / P. Bulejko, V. Adamec, R. Skéřil et al. // Cent. Eur. J. Public Health. 2017. No 25. P. 129-134. DOI: 10.21101/cejph.a4495.
4. Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution, Black Carbon, and Their Source Components in Relation to Ischemic Heart Disease and Stroke / P.L.S. Ljungman, N. Andersson, L. Stockfelt et al. // Environ. Health Perspect. 2019. No 127. P. 107012. DOI: 10.1289/EHP4757.
5. Roy D., Singh G., Seo Y.-C. Carcinogenic and NonCarcinogenic Risks from PM10 and PM2.5 Bound Metals in a Critically Polluted Coal Mining Area // Atmos. Pollut. Res. 2019. No 10. P. 1964-1975. DOI: 10.1016/j.apr.2019.09.002.

6. Mortality and Morbidity in Populations in the Vicinity of Coal Mining: A Systematic Review / J. Cortes-Ramirez, S. Naish, P. Sly et al. // *BMC Public Health*. 2018. No 18. P. 721. DOI: 10.1186/s12889-018-5505-7.
7. Есиков О.В., Нехаев И.В., Чернышков А.И. Оценка эффективности применения фрактальной размерности изображений контуров объектов для формирования дополнительной их характеристики в многоканальных системах распознавания образов // *Труды РНТОРЭС им. Попова. Серия: Научные сессии Тульской областной организации*. Выпуск XXXVI. Тула. 2018. С.185-191.
8. Методическое пособие по расчёту, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). СПб., 2012.
9. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М., 2004.
10. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis of 545 U.S. Counties for the Period from 2000 to 2007 / Correia Andrew W., Pope C. Arden III, Dockery Douglas W. et al. // *Epidemiology*. 2013. Vol. 24. Is. 1. P. 23-31. DOI: 0.1097/EDE.0b013e3182770237.
11. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2) / S. Beccaceci, D. Muhunthan, D. Sarantaridis et al. // *Annual Report*. 2010.
12. Kassomenos P.A., Dimitriou K., Paschalidou A.K. Human health damage caused by particulate matter PM (10) and ozone in urban environments: the case of Athens. Greece: *Environ Monit Assess*, 2013.
13. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand / Usanee U. Vinitketkumnuen, Kittiwon K. Kalyanamitra, Teera T. Chewonarin et al. // *Mutat Res*. 2002. Vol. 519. P. 121-131.
14. Wilson R., Spengler J. *Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects*. Cambridge: MA: Distributed by Harvard University Press, 1996.
15. Chemical Composition and Toxicity of PM10 and PM0.1 Samples near Open-Pit Mines and Coal Power Stations / A. Larionov, V. Volobaev, A. Zverev et al. // *Life*. 2022. No 12. P. 1047. DOI: 10.3390/life12071047.
16. Морфологические характеристики, размер и Масса пыли PM0,1 около угольных карьеров / У.Д. Казанцева, О.С. Яковенко, М.К. Лешукова и др. // *Успехи современного естествознания*. 2023. № 2. С. 90-95. DOI: 10.17513/use.38003.
17. Fractional Composition and Toxicity Coal-Rock of PM10-PM0.1 Dust near an Opencast Coal Mining Area and Coal-Fired Power Station / T. Leshukov, K. Legoshchin, O. Yakovenko et al. // *Sustainability*. 2022. No 14. P. 16594. DOI: 10.3390/su142416594.

Original Paper

UDC 622.85:622.235 © A.A. Streletskij, S.S. Kubrin, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 72-76  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-72-76>

#### Title

**DEFINING THE VALUES OF THE MINKOWSKI FRACTAL DIMENSION FOR DUST PARTICLES GENERATED AS A RESULT OF LARGE-SCALE BLASTING IN A COAL STRIP MINE**

#### Authors

Streletskij A.A.<sup>1</sup>, Kubrin S.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of problems of comprehensive exploitation of mineral resources of RAS, Moscow, 111020, Russian Federation

#### Authors Information

**Streletskij A.A.**, Leading Engineer, e-mail: Seaman1079@yandex.ru

**Kubrin S.S.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academic Secretary, e-mail: s\_kubrin@mail.ru

#### Abstract

The paper describes a method to define the outline of dust particle images obtained using scanning electron microscopy and the subsequent calculation of the fractal dimensions. The results are presented of studying the Minkowski dimension for dust particles generated as a result of large-scale blasting in a coal strip mine.

#### Keywords

Minkowski dimensions, Fractal dimensions, Coal strip mine, Dust and gas cloud, Scanning electron microscopy.

#### References

1. Luong L.T.M., Dang T.N., Thanh Huong N.T., Phung D., Tran L.K., Van Dung D. & Thai P.K. Particulate Air Pollution in Ho Chi Minh City and Risk of Hospital Admission for Acute Lower Respiratory Infection (ALRI) among Young Children. *Environ. Pollut.*, 2020, (257), 113424. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113424.
2. Priyankara S., Senarathna M., Jayaratne R., Morawska L., Abeysundara S., Weerasooriya R., Knibbs L.D., Dharmage S.C., Yasaratne D. & Bowatte G. Ambient PM2.5 and PM10 Exposure and Respiratory Disease Hospitalization in Kandy, Sri Lanka. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, (18), pp. 9617. DOI: 10.3390/ijerph18189617.
3. Bulejko P., Adamec V., Skeřil R., Schüllerová B. & Bencko V. Levels and Health Risk Assessment of PM10 Aerosol in Brno, Czech Republic. *Cent. Eur. J. Public Health*, 2017, (25), pp. 129–134. DOI: 10.21101/cejph.a4495.
4. Ljungman P.L.S., Andersson N., Stockfelt L. et al. Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution, Black Carbon, and Their Source Components in Relation to Ischemic Heart Disease and Stroke. *Environ. Health Perspect*, 2019, (127), pp. 107012. DOI: 10.1289/EHP4757.
5. Roy D., Singh G. & Seo Y.-C. Carcinogenic and NonCarcinogenic Risks from PM10 and PM2.5 Bound Metals in a Critically Polluted Coal Mining Area. *Atmos. Pollut. Res.*, 2019, 10, pp. 1964–1975. DOI: 10.1016/j.apr.2019.09.002.
6. Cortes-Ramirez J., Naish S., Sly P. & Jagals P. Mortality and Morbidity in Populations in the Vicinity of Coal Mining: A Systematic Review. *BMC Public Health*, 2018, (18), pp. 721. DOI: 10.1186/s12889-018-5505-7.
7. Yesikov O.V., Nekhaev I.V. & Chernyshkov A.I. Assessing the efficiency of using fractal dimensions of the object outline images to generate their additional characteristics in a multichannel pattern recognition systems / *Proceedings of the Russian Scientific and Technical Society of Radio Engineering, Electronics and Communications (RNTORES) named after A.S. Popov, Series: Academic sessions of the Tula Regional Organization*. Issue XXXVI. Tula, 2018, Pp.185-191. (In Russ.).
8. Methodological guide on calculation, standardization and control of pollutant emissions into the atmospheric air, St.Petersburg, 2012. (In Russ.).
9. Р 2.1.10.1920-04. Guidelines for assessment of public health risk due to exposure to chemical substances polluting the environment, Moscow, 2004. (In Russ.).
10. Correia Andrew W., Pope C. Arden III, Dockery Douglas W. et al. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis

SURFACE MINING

of 545 U.S. Counties for the Period from 2000 to 2007. *Epidemiology*, 2013, Vol. 24, (1), pp. 23-31. DOI: 0.1097/EDE.0b013e3182770237.

11. Beccaceci S., Muhunthan D., Sarantaridis D., Tompkins J., Butterfield D., Quincey P., Brown R., Green D., Grieve A., Fuller G. & Jones A. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2). Annual Report, 2010.

12. Kassomenos P.A., Dimitriou K. & Paschalidou A.K. Human health damage caused by particulate matter PM (10) and ozone in urban environments: the case of Athens. Greece, *Environ Monit Assess*, 2013.

13. Usanee U., Vinitketkumnuen, Kittiwat K., Kalayanamitra, Teera T., Chewonarin & Richard R. Kamens. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand. *Mutat Res.*, 2002, (519), pp. 121-131.

14. Wilson R. & Spengler J. Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects. Cambridge, MA: Distributed by Harvard University Press, 1996.

15. Larionov A., Volobaev V., Zverev A., Vdovina E., Bach S., Schetnikova E., Leshukov T., Legoshchin K. & Eremeeva G. Chemical Composition and Toxicity of PM10 and PM0.1 Samples near Open-Pit Mines and Coal Power Stations. *Life*, 2022, (12), 1047. DOI: 10.3390/life12071047.

16. Kazantseva U.D., Yakovenko O.S., Leshukova M.K. et al. Morphological characteristics, size and weight of PM0.1 dust particles near coal pits. *Uspehi sovremenogo estestvoznaniya*, 2023, (2), pp. 90-95. (In Russ.). DOI 10.17513/use.38003.

17. Leshukov T., Legoshchin K., Yakovenko O. et al. Fractional Composition and Toxicity Coal-Rock of PM10-PM0.1 Dust near an Opencast Coal Min-

ing Area and Coal-Fired Power Station. *Sustainability*, 2022, (14), pp. 16594. DOI: 10.3390/su142416594.

#### Acknowledgements

The research was performed with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of Activity No.1 of the Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation as of May 11, 2022, and Agreement No. 075-15-2022-1185 as of September 28, 2022, on providing grants from the federal budget in the form of subsidies in accordance with Item 4 of Article 78.1 of the Budget Code of the Russian Federation.

#### For citation

Streletskiy A.A. & Kubrin S.S. Defining the values of the Minkowski fractal dimension for dust particles generated as a result of large-scale blasting in a coal strip mine. *Ugol*, 2023, (11), pp. 72-76. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-72-76.

#### Paper info

Received July 10, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

Оригинальная статья

УДК 622.271.332 © И.Ю. Боос, И.В. Патачаков, Д.В. Редькин, А.А. Черпакова, Ю.П. Юронен, 2023

# Повышение безопасности открытых горных работ на основе новых знаний о сдвиговых характеристиках и геометрии разрабатываемых недр

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-76-80>

#### БООС И.Ю.

Ассистент

Сибирского федерального университета,  
660025, г. Красноярск, Россия

#### ПАТАЧАКОВ И.В.

Канд. техн. наук,

доцент Сибирского  
федерального университета,  
660025, г. Красноярск, Россия  
e-mail: sibniigit@mail.ru

#### РЕДЬКИН Д.В.

Аспирант

Сибирского федерального университета,  
660025, г. Красноярск, Россия

В массивах горных пород клиновидные деформации происходят по поверхностям скольжения, образованным несколькими диагональными системами трещин, которые могут иметь различный генезис и, соответственно, различные сдвиговые характеристики по ним. Метод обратных расчетов позволяет дифференцированно определять сдвиговые характеристики по каждой системе трещин путем анализа множества фактических клиновидных вывалов, зафиксированных и геометризованных на уступах в условиях карьерной выемки. Это осуществляется путем составления системы трансцендентных уравнений на основе формулы коэффициента запаса устойчивости породных клинов и последовательного решения ее методом наименьших квадратов для всех зафиксированных клиновидных деформаций. Произведена практическая апробация метода и найдены сдвиговые характеристики поверхностей трещин для карьера «Эльдорадо», что явилось в итоге основой для повышения производства горных работ.

**Ключевые слова:** открытые горные работы, геометрия недр, сдвигание горных пород, обратные расчеты, трещиноватость, системы трещин, устойчивость, сцепление, угол трения.

**Для цитирования:** Повышение безопасности открытых горных работ на основе новых знаний о сдвиговых характеристиках и геометрии разрабатываемых недр / И.Ю. Боос, И.В. Патачаков, Д.В. Редькин и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 76-80. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-76-80.

## ВВЕДЕНИЕ

Безопасная разработка и экономическая эффективность разработки месторождений требуют обеспечения устойчивости горных выработок. Большую часть в горнодобывающей отрасли занимают глубокие карьеры, разрабатываемые в скальных и полускальных породах. Такие породы неизбежно имеют различного рода структурные дефекты, имеющие низкую прочность на растяжение, трещины, разломы, плоскости напластования и сланцеватости, от которых в большей степени зависит устойчивость горных выработок.

Поэтому для проектирования горных работ необходимы надежные способы получения исходных данных о пространственной ориентации и сдвиговых характеристиках поверхностей ослабления. В настоящее время появилось множество современных методов для полуавтоматической, быстрой и точной съемки трещиноватости массивов. Однако проблема определения сдвиговых параметров Кулона-Мора по поверхностям трещин (угол трения  $\varphi'$  и сцепление  $C'$ ), необходимых для расчета устойчивости откосов, рассматривается достаточно редко, и методы их определения по-прежнему имеют множество ограничений. При ведении горных работ прикладным исследованиям устойчивости элементов горных выработок уделяется большое внимание, о чем свидетельствуют результаты работ по геомеханике, представленные в краткой подборке тематических научных трудов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Авторами данной работы предлагается усовершенствование представленного метода путем перехода от графического решения к автоматизированному аналитическому решению с разделением физикомеханических свойств по разным поверхностям ослабления, по которым произошло обрушение. Это достигается путем составления системы трансцендентных уравнений (1) и решения ее относительно четырех клиновидных обрушений:

$$F(C'_1, C'_2, \varphi'_1, \varphi'_2) = \begin{cases} \frac{\text{ctg}\psi_1(a_1 \text{tg}\varphi'_1 + b_1 \text{tg}\varphi'_2)}{a_1 + b_1} + \frac{3[(a_1 + b_1) - \text{ctg}\psi_1(a_1 \text{tg}\varphi'_1 + b_1 \text{tg}\varphi'_2)]}{\gamma h_1 \sin(\beta_{1_1} + \beta_{2_1})(\text{ctg}\psi'_1 - \text{ctg}\alpha'_1)} - n_x = 0 \\ \frac{\text{ctg}\psi_2(a_2 \text{tg}\varphi'_1 + b_2 \text{tg}\varphi'_2)}{a_2 + b_2} + \frac{3[(a_2 + b_2) - \text{ctg}\psi_2(a_2 \text{tg}\varphi'_1 + b_2 \text{tg}\varphi'_2)]}{\gamma h_2 \sin(\beta_{1_2} + \beta_{2_2})(\text{ctg}\psi'_2 - \text{ctg}\alpha'_2)} - n_x = 0 \\ \frac{\text{ctg}\psi_3(a_3 \text{tg}\varphi'_1 + b_3 \text{tg}\varphi'_2)}{a_3 + b_3} + \frac{3[(a_3 + b_3) - \text{ctg}\psi_3(a_3 \text{tg}\varphi'_1 + b_3 \text{tg}\varphi'_2)]}{\gamma h_3 \sin(\beta_{1_3} + \beta_{2_3})(\text{ctg}\psi'_3 - \text{ctg}\alpha'_3)} - n_x = 0 \\ \frac{\text{ctg}\psi_4(a_4 \text{tg}\varphi'_1 + b_4 \text{tg}\varphi'_2)}{a_4 + b_4} + \frac{3[(a_4 + b_4) - \text{ctg}\psi_4(a_4 \text{tg}\varphi'_1 + b_4 \text{tg}\varphi'_2)]}{\gamma h_4 \sin(\beta_{1_4} + \beta_{2_4})(\text{ctg}\psi'_4 - \text{ctg}\alpha'_4)} - n_x = 0 \\ a_i = \frac{C'_1 \cos \varphi'_1 \sin \beta_{2_i}}{\sin \delta_{1_i} \sin(\psi_i - \varphi'_1)}, \text{ где } i = \overline{1, 4} \\ b_i = \frac{C'_2 \cos \varphi'_2 \sin \beta_{1_i}}{\sin \delta_{2_i} \sin(\psi_i - \varphi'_2)}, \text{ где } i = \overline{1, 4} \end{cases} \quad (1)$$

## ЧЕРПАКОВА А.А.

Аспирант  
Сибирского федерального университета,  
660025, г. Красноярск, Россия,

## ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. техн. наук,  
доцент Сибирского  
государственного университета  
науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнёва,  
660049, г. Красноярск, Россия



где  $\gamma$  – плотность пород, т/м<sup>3</sup>;

$\beta_1, \beta_2$  – углы разворота диагональных трещин относительно откоса, град;

$\delta_1, \delta_2$  – углы падения трещин, град;

$\alpha$  – угол наклона, град;

$\psi$  – угол наклона линии скрещения поверхностей ослабления, град;

$\psi'$  – угол наклона линии скрещения поверхностей ослабления в плоскости перпендикулярной плоскости откоса, град;

$\beta_1, \beta_2$  – углы разворота диагональных трещин относительно откоса, град;

$C_1', C_2'$  – сцепление по поверхностям трещин, т/м<sup>2</sup>;

$\varphi_1', \varphi_2'$  – углы трения по первой и второй поверхностям трещин, град;

$n_x$  – коэффициент запаса устойчивости, при котором произошло разрушение.

Следует отметить, что не все клиновидные обрушения происходят при коэффициенте запаса устойчивости  $n \approx 1$ , так клины, обрушившиеся сразу после подсечения, могли иметь коэффициент запаса меньше 1 ( $n < 1$ ), а клины, на которые было оказано дополнительное воздействие (например, взрывные работы) могли обрушиться и при коэффициенте запаса немногим более 1 ( $n > 1$ ). Таким образом, коэффициент  $n_x$  не может быть известен заранее, однако при должном учете всех клиновидных деформаций в карьере, составлении на каждого из них паспорта деформаций и сортировке по времени и условиям происхождения, проведя системный анализ можно сделать предположение о его величине. Так, например, однотипные клиновидные деформации, произошедшие через некоторое время стояния, а не сразу после подсечения, при условии отсутствия на них значительного внешнего воздействия обрушаются в момент превышения удерживающих сил наддвигающимися, таким образом, с высокой степенью доверия можно принять  $n_x \rightarrow 0,99$ . Анализ по сортирован-

ным таким образом клиновидным деформациям может дать достаточно ценные данные, превышающие точность данных лабораторных исследований на малых образцах.

Решение представленной системы уравнений (1) аналитически является достаточно трудоемкой задачей, поэтому система уравнений была описана алгоритмом в математическом пакете Scilab. Практическая апробация представленного метода была произведена в условиях карьера «Эльдорадо», для этого при помощи беспилотного летательного аппарата была произведена съемка всех имеющихся клиновидных деформаций, определены элементы залегания поверхностей ослабления [5]. Таким образом, было выбрано семь клиновидных деформаций (см. таблицу) схожих по условиям происхождения и для которых можно сделать предположение о том, что в момент обрушения коэффициент запаса устойчивости был  $n_x \rightarrow 1$ .

Количество возможных систем уравнений зависит от количества выбранных к обратному анализу клиновидных деформаций и в нашем случае равно 35. Используя полученный нами программный алгоритм, решаем систему уравнений 35 раз для разного набора обрушений в системе, задавшись условиями  $C > 0, \varphi < \psi$ .

Через данное условие прошло 22 из 35 возможных решений. Проведя статистическую обработку (см. рисунок), получены наиболее вероятные значения сцепления и угла трения по трещинам:  $C_1 = 0,13$  т/м<sup>2</sup>,  $\varphi_1 = 46^\circ$ ,  $C_2 = 0,21$  т/м<sup>2</sup>,  $\varphi_2 = 41^\circ$ .

С помощью полученных характеристик можно значительно повысить точность расчета устойчивых параметров элементов борта карьера при проектировании.

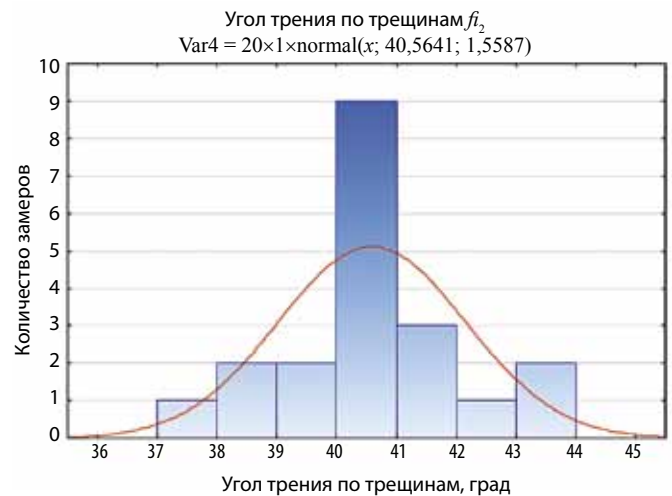
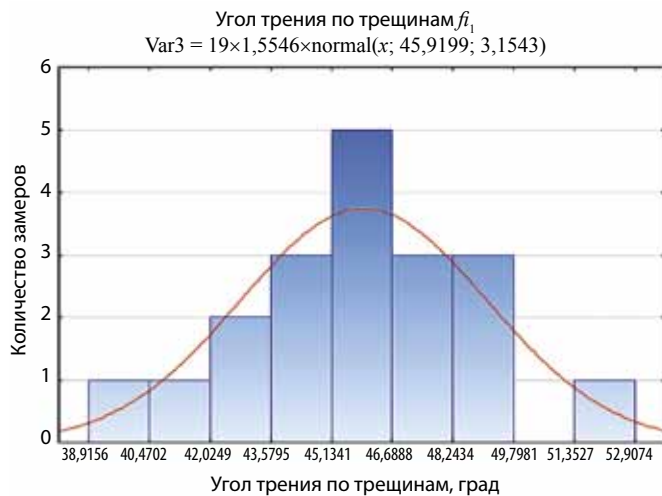
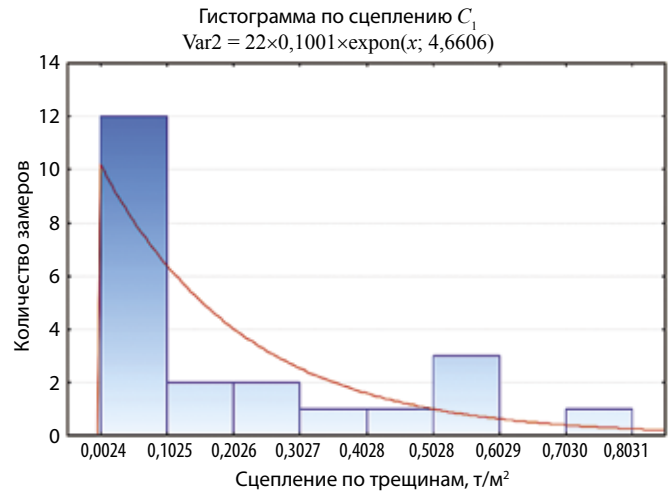
### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный метод позволяет в полуавтоматическом режиме определять обратными расчетами сдвиговые характеристики по трещинам в массиве, по каждой

### Выборка клиновидных деформаций в карьере «Эльдорадо»

Selection of wedge-shaped deformations in the Eldorado open-pit mine

Обрушение 1		Обрушение 2		Обрушение 3		Обрушение 4	
$\beta_1$ , град	21	$\beta_1$ , град	43	$\beta_1$ , град	39	$\beta_1$ , град	47
$\beta_2$ , град	40	$\beta_2$ , град	21	$\beta_2$ , град	20	$\beta_2$ , град	26
$\alpha$ , град	55,8	$\alpha$ , град	52,8	$\alpha$ , град	59,5	$\alpha$ , град	55,4
$\delta_1$ , град	51,2	$\delta_1$ , град	55,3	$\delta_1$ , град	62	$\delta_1$ , град	47,2
$\delta_2$ , град	56,6	$\delta_2$ , град	46,4	$\delta_2$ , град	44,7	$\delta_2$ , град	46,6
$h$ , м	11,3	$h$ , м	13,6	$h$ , м	13,2	$h$ , м	12,6
$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	2,65	$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	2,65	$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	2,65	$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	2,65
Обрушение 5		Обрушение 6		Обрушение 7			
$\beta_1$ , град	32	$\beta_1$ , град	77	$\beta_1$ , град	38		
$\beta_2$ , град	24	$\beta_2$ , град	18	$\beta_2$ , град	17		
$\alpha$ , град	64	$\alpha$ , град	65	$\alpha$ , град	60,9		
$\delta_1$ , град	64,4	$\delta_1$ , град	86,2	$\delta_1$ , град	54,5		
$\delta_2$ , град	49,7	$\delta_2$ , град	53,4	$\delta_2$ , град	63,4		
$h$ , м	10,4	$h$ , м	10,8	$h$ , м	5,9		
$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	2,65	$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	2,65	$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	2,65		



Графики распределения значений  $C_1, C_2, \varphi_1, \varphi_2$   
 Value distribution plots  $C_1, C_2, \varphi_1, \varphi_2$

трещине отдельно, учитывая всю совокупность горно-геологических условий месторождения, что значительно повышает точность определения относительно лабораторных испытаний образцов. Особая ценность метода заключается в потенциальной возможности определения сдвиговых характеристик крупных тектонических нарушений, если они формирует одну из поверхностей скольжения клиновидной деформации. Учет особенностей геометрии недр позволит на стадии проектирования параметров бортов карьеров, а также в работающих карьерах существенно повысить безопасность производства открытых горных работ.

**Список литературы**

1. Супрун В.И., Левченко Я. В., Колотовкин А.С., Ворошилин К.С. Влияние масштабного фактора на прочность горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 10. С. 5-19.
2. Ананенко Е.В., Бахаева С.П. Анализ риска развития деформаций и геомеханический мониторинг для природно-технических систем «отвал – основание» // Горный информационно-

- аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 9. С. 5-21.
3. Кузин Е.А., Халкечев К.В. Математическая модель определения формы устойчивого целика поликристаллической структуры в углевещающих породах // Уголь. 2020. № 2. С. 22-25. DOI: 10.18796/0041- 5790-2020-2-22-25.
4. Демин В.Ф., Шонтаев Д.С., Балгабеков Т.К. и др. Напряженно-деформированное состояние приконтурно-углепородного массива // Уголь. 2020. № 5.С. 63-67. DOI: 10.18796/0041-5790- 2020-5-63-67.
5. Изучение структурных особенностей прибортового массива по 3D-модели откоса, построенной с применением мультикоптера / И.Ю. Боос, Ю.Л. Юнаков, И.В. Патачаков и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 12. С. 19–30.
6. Adeyemi Emman Aladejare, Musa Adebayo Idris. Performance analysis of empirical models for predicting rock mass deformation modulus using regression and Bayesian methods // J. Rock Mech. Geotech. Eng. 2020. Vol. 12. Is. 6. P. 1263-1271.
7. A consecutive joint shear strength model considering the 3D roughness of real contact joint surface / Ban Liren, Tao Zhigang,

- Du Weisheng et al. // International Journal of Mining Science and Technology. 2023. Vol. 33. Is. 5. P. 617-624.
8. A New Methodology for Rockfall Hazard Assessment in Rocky Slopes / L.R.C. Silveira, M.S. Lana, P. Alameda-Hernández et al. // Mining. 2022. No 2. P. 791-808.
  9. Geotechnical Issues in Decommissioning Surface Lignite Mines – The Case of Amyntaion Mine in Greece / M. Kavvadas, C. Roumpos, A. Servou et al. // Mining 2022. No 2. P. 278-296.
  10. Navid Bahrani, Peter K. Kaiser. Influence of degree of interlock on confined strength of jointed hard rock masses // J. Rock Mech. Geotech. Eng. 2020. Vol. 12. Is. 6. P. 1152-1170.

**SURFACE MINING**

*Original Paper*

UDC 622.271.332 © I.Yu. Boos, I.V. Patachakov, D.V. Redkin, A.A. Cherpakova, Yu.P. Yuronen, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 76-80  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-76-80>

**Title**  
**ENHANCING THE SAFETY OF SURFACE MINING OPERATIONS BASED ON NEW KNOWLEDGE OF SHEAR CHARACTERISTICS AND GEOMETRY OF MINED MINERAL RESOURCES**

**Authors**

Boos I.Yu.<sup>1</sup>, Patachakov I.V.<sup>1</sup>, Redkin D.V.<sup>1</sup>, Cherpakova A.A.<sup>1</sup>, Yuronen Yu.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

<sup>2</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Authors Information**

**Boos I.Yu.**, Assistant

**Patachakov I.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Redkin D.V.**, Postgraduate student

**Cherpakova A.A.**, Postgraduate student

**Yuronen Yu.P.**, PhD (Economic), Associate Professor

**Abstract**

Wedge-shaped deformations in the rock masses occur along the sliding surfaces formed by several diagonal fracture systems, which may have different genesis and, accordingly, different shear characteristics along them. The method of backward calculations makes it possible to differentially determine the shear characteristics for each fracture system by analyzing a set of actual wedge-shaped in-rushes recorded and geometrically defined in the benches of open-pit mines. This is done by formulating a system of transcendental equations based on the equation of rock wedge safety factor and solving it sequentially using the least square method for all the recorded wedge-shaped deformations. A practical validation of this method was performed and the shear properties of the fracture surfaces were found for the Eldorado open pit mine, which eventually provided a basis for increasing production of the mining operations.

**Keywords**

Open pit mining, Subsurface geometry, Rock displacement, Backward calculations, Fracturing, Fracture systems, Stability, Cohesion, Fracture systems.

**References**

1. Suprun V.I., Levchenko Ya.V., Kolotovkin A.S. & Voroshilin K.S. Effect of the scale factor on the rock strength // *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2023, (10), pp. 5-19. (In Russ.).
2. Ananenko E.V. & Bakhayeva S.P. Analysis of deformation development risks and geomechanical monitoring for the 'dump - foundation' natural and engineering systems. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2023, (9), pp. 5-21. (In Russ.).
3. 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.

4. Demin V.F., Shontayev D.S., Balgabekov T.K., Shontayev A.D. & Kongkybayeva A.N. Stressed-deformed state of the boundary-carbon array. *Ugol'*, 2020, (5), pp. 63-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-5-63-67.

5. Boos I.Yu., Yunakov Yu.L., Patachakov I.V. & Grishin A.A. Structural analysis of pit wall rock mass on 3D slope model constructed using a multicopter. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2021, (12), pp. 19-30. (In Russ.).

6. Adeyemi Emman Aladejare & Musa Adebayo Idris. Performance analysis of empirical models for predicting rock mass deformation modulus using regression and Bayesian methods. *J. Rock Mech. Geotech., Eng.*, 2020, Vol. 12, (6), pp. 1263-1271.

7. Liren Ban, Zhigang Tao, Weisheng Du & Yuhang Hou. A consecutive joint shear strength model considering the 3D roughness of real contact joint surface. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2023, Vol. 33, (5), pp. 617-624.

8. Silveira L.R.C., Lana M.S., Alameda-Hernández P. & Santos T.B. A New Methodology for Rockfall Hazard Assessment in Rocky Slopes. *Mining*, 2022, (2), pp. 791-808.

9. Kavvadas M., Roumpos, C., Servou A. & Paraskevis N. Geotechnical Issues in Decommissioning Surface Lignite Mines – The Case of Amyntaion Mine in Greece, *Mining*, 2022, (2), pp. 278-296.

10. Navid Bahrani & Peter K. Kaiser. Influence of degree of interlock on confined strength of jointed hard rock masses. *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, 2020, Vol. 12, (6), pp. 1152-1170.

**For citation**

Boos I.Yu., Patachakov I.V., Redkin D.V., Cherpakova A.A. & Yuronen Yu.P. Enhancing the safety of surface mining operations based on new knowledge of shear characteristics and geometry of mined mineral resources. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 76-80. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-76-80.

**Paper info**

Received September 27, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

# Анализ эффективности методов очистки сточных вод угольной промышленности от ионов железа и марганца\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-81-87>

В природе загрязнению тяжелыми металлами в большинстве случаев подвергаются карьерные и шахтные воды. Эти воды поступают в рабочую зону подземных шахт из водоносных горизонтов, поверхностных резервуаров и дренажных выработок. Сточные воды угольных предприятий обладают высокой степенью минерализации, низкой концентрацией ионов водорода, повышенным содержанием солей магния и кальция, а также сульфатов, железа, марганца и других соединений. Многообразие качественного и количественного состава сточных вод на угледобывающих предприятиях обусловлено многими причинами, а именно: геологическими и гидрологическими условиями, насыщением солями в результате фильтрации воды через различные горные породы, а также смешением природных пластовых вод различных горизонтов в результате их вскрытия. В статье приводится анализ эффективности существующей системы очистки сточных вод угольных разрезов от ионов железа и марганца. Рассматриваются основные методы доочистки сточных вод от этих ионов, их достоинства и недостатки. Предлагается технологическая схема доочистки сточных вод перед выбросом в реки, которая включает прием и усреднение сточных вод; отстаивание; последующий забор и подачу осветленной воды в очистную установку для дальнейшей ее доочистки; реагентную обработку; напорную флотацию; фильтрацию через песчаный фильтр; доочистку воды на сорбционных фильтрах.

**Ключевые слова:** адсорбция, сточные воды, тяжелые металлы, железо, марганец, методы очистки, предельно допустимая концентрация, седиментация, механическое фильтрование, гальванокоагуляция.

**Для цитирования:** Анализ эффективности методов очистки сточных вод угольной промышленности от ионов железа и марганца / Л.А. Иванова, О.В. Беляева, Н.В. Гора и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 81-87. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-81-87.

## ИВАНОВА Л.А.

Канд. техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: lyuda\_ivan@mail.ru

## БЕЛЯЕВА О.В.

Канд. хим. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия

## ГОРА Н.В.

Канд. техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия

## УГАРОВА И.М.

Аспирант ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия

## ГОЛУБЕВА Н.С.

Канд. техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия



**НОЦ  
КУЗБАСС**

Научно-образовательный  
центр «Кузбасс»

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



**ВВЕДЕНИЕ**

Вода выступает одним из основных видов сырья для многих отраслей промышленности, агропромышленных комплексов и коммунальных хозяйств. Существенный вклад в загрязнение подземных и поверхностных вод вносит добывающая промышленность.

На территории Кузнецкого угольного бассейна располагаются основные центры по добыче и переработке каменного угля, которые находятся в Кемеровском, Ленинск-Кузнецком, Беловском, Прокопьевско-Киселевском, Бунгуро-Чумышском, Ерунаковском, Байдаевском, Осиновском, Мрасском, Новокузнецком, Промышленновском, Кондомском и Томь-Усинском районах. Основная техногенная нагрузка на гидрологическую сеть Кемеровской области создается за счет организованного сброса недостаточно очищенных сточных вод.

Загрязненные тяжелыми металлами сточные воды попадают в окружающую среду, угрожая здоровью человека и экосистеме [1, 2].

Приоритетными загрязнителями карьерных сточных вод при угледобыче являются ионы железа и марганца. Наличие данных поллютантов в карьерных стоках препятствует их использованию в замкнутом цикле, например для подачи на технологические процессы обогатительных фабрик. Избыточное присутствие ионов марганца и железа в воде может привести к поломке оборудования на обогатительной фабрике, кроме того, сброс такой воды в водоемы оказывает негативное влияние на их микрофлору.

Цель данной работы – предложить технологию комплексной очистки карьерных сточных вод угледобывающей промышленности от приоритетных загрязнителей, в том числе от ионов железа и марганца.

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Определение загрязняющих компонентов в сбрасываемых сточных водах проводилось сотрудниками кафедр «Техносферная безопасность» и «Общая и неорганическая химия» ФГБОУ ВО КемГУ. Определение ионов железа и марганца проводилось методом спектрофотометрии с использованием аттестованных методик [3, 4]. Калибровочная кривая при поглощении комплекса железа и марганца линейна в диапазоне концентраций 0,05-2,00 мг/л, коэффициент корреляции  $R^2 = 0,9956$ .

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Большинство угольных разрезов, расположенных в Кемеровской области – Кузбассе, имеют систему очистки сточных вод, соответствующую базовой очистке, регламентируемой в НДТ № 15 ИТС-37 – 2017 «Добыча и обогащение угля» (рис. 1).

Как показывают мониторинговые исследования гидрохимических проб воды малых рек, – основных приемников сточных вод угледобывающих

предприятий, содержание ионов железа и марганца в них превышает нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Например, в реке Аба в разовых пробах максимальная концентрация железа общего составила 8,3-9,5 ПДК, марганца – 7 ПДК, в р. Ускат среднегодовые концентрации превысили ПДК для марганца в 1,5 раза, железа общего в 1,2 раза. Среднегодовые концентрации в р. Кондома составили: марганца – 1,4-2,3 ПДК; железа общего – 4,4-6 ПДК, а в притоках р. Томь (Уса, Мрас-су, Мундыбаш) – железа общего – от 1,0 до 5,9 ПДК, марганца – от 1,1 до 1,6 ПДК.

Таким образом, если рассматривать очистку сточных вод предприятий на соответствие качеству сбрасываемых сточных вод, соответствующему нормативам рыбохозяйственного назначения, то применяемая система недостаточна. Поэтому необходимо внедрить на очистных сооружениях новые технологии комплексной очистки карьерных сточных вод.

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА**

Наиболее эффективными для доочистки карьерных сточных вод от ионов железа и марганца являются следующие методы:

**Реагентный метод** – направлен на химическое превращение высокотоксичных растворов в нетоксичные соединения. Считается, что наиболее эффективным способом деферризации воды является принцип окисления:  $Fe^{+2}$  окисляется до состояния  $Fe^{+3}$ , а затем удаляется механическим путем. Примером реагентной очистки может служить обработка сточных вод едким натром, затем хлорсодержащими неорганическими соединениями кальция, причем в качестве хлорсодержащих неорганических соединений кальция используют хлорид кальция и гипохлорит кальция, а мольное соотношение реагентов  $NaOH:CaCl_2:Ca(ClO)_2$  составляет 1:(0,20-0,26):(0,10-0,13),

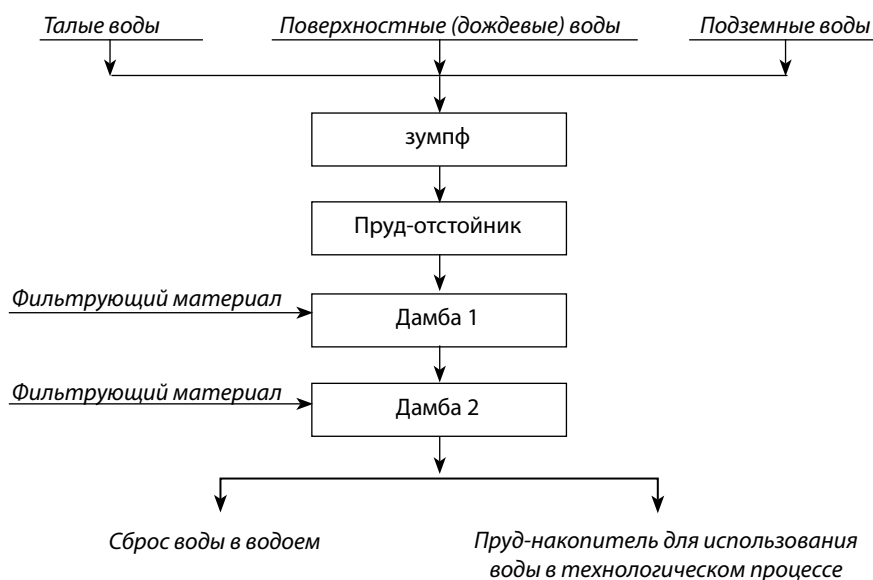


Рис. 1. Действующая система очистки карьерных сточных вод

Fig. 1. Existing system of quarry wastewater treatment

при этом едкий натр берут в количестве 0,04-0,29 мас.%. Способ обеспечивает повышение эффективности очистки сточных вод, повышение экономии реагентов и тепла, предотвращает образование отходящих газов и загрязнение атмосферного воздуха [5].

При введении перманганата калия в пробу сточной воды растворенный марганец переходит в малорастворимый оксид марганца, а растворенное железо – в  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Осажденный оксид в виде хлопьев имеет значительную удельную поверхность – около  $300 \text{ м}^2$  на 1 г осадка. Осадок – отличный катализатор, который позволяет проводить деманганизацию при pH около 8,5. Таким образом, перманганат калия способствует удалению из воды соединений марганца и железа в любых формах, также удаляются неприятные запахи. Для удаления продуктов окисления и взвешенных веществ вводят коагулянт. Затем вода фильтруется на установке песчаной загрузки. При очистке подземных вод от соединений марганца (II) параллельно с перманганатом калия вводят активированную кремниевую кислоту либо флокулянты. Это позволяет увеличить хлопья оксида марганца в размерах.

Основное преимущество данного метода заключается в том, что не требуется разделения промывочной воды и концентратов. Также стоит отметить, что данный метод применим при достаточно широком диапазоне изменения концентрации ионов тяжелых металлов. Большой расход химических реактивов и невозможность возврата очищенной воды в оборотный цикл являются главными недостатками реагентного метода. Кроме того, предельно допустимая концентрация тяжелых металлов в очищенной воде не достигает нормативного значения [6].

**Аэрация.** Для аэрации воды в промышленных масштабах используется метод обрыва струи воды. Капли воды, распыленные из форсунок, в процессе полета насыщаются растворенным в воздухе кислородом. Вода разбрызгивается небольшими, мелкими каплями, практически «водяной пылью» затем сливается в резервуар, где поднимается с помощью насоса и подается дальше на очистку. Данный метод аэрации считается безнапорным, который позволяет насыщать воду в любом количестве и приостанавливать работу при необходимости, чтобы прекратить потребление воды. Если в воде содержится большое количество растворенного железа, то жидкость перед аэрацией необходимо поместить в резервуар, добавив гипохлорит натрия ( $\text{NaClO}$ ), который является сильным окислителем. Также при малой производительности используются аэраторы (сатураторы), которые представляют собой закрытые напорные емкости. Через них обрабатываемая вода проходит под высоким давлением (до 10-15 атм). В целях обогащения воды кислородом через эжектор с помощью высокого давления за счет компрессора подается сжатый воздух [7].

**Метод ионного обмена** представляет собой обратимую химическую реакцию, используемую для замены нежелательных ионов металлов безвредными и экологически безопасными. Ион тяжелого металла удаляется из раствора сточных вод путем присоединения его к неподвижной твердой частице в качестве замены катиону твердой частицы. Материал твердых ионообменных частиц может

быть как природным, например неорганические цеолиты, так и синтетическим, например органические смолы.

Существенным недостатком применения ионообмена является необходимость регенерации ионообменной смолы (катионитов и анионитов). В целях восстановления используются соляная кислота и щелочь. В конечном итоге возникает почти неразрешимая проблема, связанная с утилизацией концентрированных регенерационных растворов ионообменных установок. Также данная проблема сопровождается жесткими нормативами по сульфатам и хлоридам [8].

Инновационным методом очистки сточной воды является **наночистка**, при которой используются мембраны с отверстиями в несколько нанометров. Для таких мембран применяются следующие пористые материалы: синтетические полимеры, в частности, ароматические полиамиды, керамика, ацетилцеллюлоза [9].

Способ очистки на наночисточной мембране состоит в том, что металлосодержащая жидкость подается под избыточным давлением на поверхность самой мембраны, которая в свою очередь и удерживает различные примеси. Образовавшийся поток жидкости обеспечивает удаление задержанных загрязнителей с поверхности мембраны, а полученный концентрат поступает на повторную фильтрацию или в дренаж. Такие мембраны обладают низкой селективностью и большой проницаемостью. Метод наночистки дает хороший результат на завершающей стадии очистки сточных вод от примесей ионов тяжелых металлов [10].

Наиболее современным и экономичным методом очистки промывных сточных вод от соединений тяжелых металлов является **гальванокоагуляция**. Метод гальванокоагуляции позволяет отказаться от использования реагентов и резко сократить количество очистных сооружений за счет образования оксидных форм железа, что приводит к более быстрому осаждению и позволяет убрать дефицитные компоненты [11].

Данный метод очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов основан на применении электрохимической обработки жидкости под действием электрического тока короткозамкнутой гальванопары (гальванического элемента).

Динамика гальванокоагуляционного процесса проявляется при взаимодействии загрязненной сточной воды с наполнителем. Этот процесс происходит на основе явления взаимодействия веществ с различными электрохимическими потенциалами в проводящей среде. В результате образуется короткозамкнутая гальваническая пара, где одно выступает анодом, а второе катодом. Стоит отметить, что вещество с меньшим электрохимическим потенциалом по отношению ко второму является анодом [12].

Преимущества метода гальванокоагуляции следующие: частичное сокращение или вовсе полный отказ от использования химических реагентов; уменьшение общей минерализации и жесткости обрабатываемой воды; значительное снижение потребления электроэнергии. Недостатки метода: большое количество осадка, который необходимо утилизировать; трудоемкость при смене загрузки.

Также для удаления загрязняющих веществ, таких как нефтепродукты, соединения железа, марганца и аммония,

применяют **сорбционные методы**. В данных методах используются в основном фильтры с зернистой загрузкой, иначе – засыпные фильтры. В качестве зернистой загрузки выступают песок, гравий, керамзит, каменный уголь, а также их смеси с различными сорбентами, например активным углем. В фильтрах применяются частицы с размерами примерно от 0,3 до 1,2 мм, что позволяет обеспечивать фильтрацию частиц с размерами свыше 80 мкм [13].

Сорбционные установки, применяемые в качестве локальных, оправданы тогда, когда концентрация загрязняющего вещества близка к верхнему пределу, а также при минимальном удельном расходе сорбента. Использование сорбционных методов имеет смысл при относительно невысоком содержании загрязняющего вещества, что составляет до 100 мг/л.

Преимущество сорбционного метода селективное поглощение веществ из многокомпонентных растворов, эффективность очистки достигает 80-95%.

Одним из приоритетных направлений научного исследования является выбор сорбентов для эффективного извлечения ионов железа и марганца из сточных вод. Чаще всего в качестве природных сорбентов используют [14, 15, 16]:

- опоки – микрзернистая тонкопористая кремневая осадочная горная порода;
- доломит – природный осадочный минерал горной породы (карбонат магния и кальция);
- вермикулит – минерал, образовавшийся в результате природных процессов гидратизации и других изменений магнезиально-железистых слюд (биотита и флогопита);
- природные цеолиты, относящиеся к водным каркасным алюмосиликатам щелочных и щелочноземельных металлов.

Природные сорбенты показали хорошую эффективность в случае доочистки сточных вод, содержащих малые концентрации ионов железа и марганца. Особенностью угледобычи открытым способом является большой объем образующихся сточных вод, которые составляют на разных

участках от 0,5 до 17 тыс. м<sup>3</sup>/сут., в этом случае недостатком сорбентов из природных материалов является их малое время использования до проскока.

Эффективными и наиболее универсальными сорбентами являются активные угли различных марок.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ПО ВЫБОРУ МАРК АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Большой ассортимент активных углеродных материалов, представленных в России, дает возможность подобрать сорбенты с оптимальным соотношением эффективности и стоимости очистки стоков.

Для количественной оценки извлечения железа и марганца из сточных вод нами было выбрано несколько сорбентов, среди которых малобюджетные активные полукоксы (АБГ, Пуролат-Стандарт) с высоким содержанием поверхностных групп, способных к взаимодействию с ионами металлов, а также гранулированные активные угли (АГ-3, СКД-515), рекомендуемые для эффективного извлечения органических соединений и нефтепродуктов, в том числе из смеси с тяжелыми металлами [17].

Предварительные исследования показали, что активные угли с рН водной вытяжки больше 8,8 (например, АБГ) невозможно использовать для сорбционного извлечения железа из-за образования при контакте с сорбентом малорастворимых гидроксидов. Сорбент Пуролат-Стандарт показал свою низкую эффективность адсорбции по отношению как к железу, так и к марганцу по сравнению с гранулированными активными углями [18].

Так как содержание исследуемых ионов в стоках составляет 0,05-0,50 мг/л и 0,20-3,00 мг/л для железа и марганца, соответственно, при изучении адсорбции были выбраны такие соотношения  $Mn^{+2} : Fe$  общее как 4,5:1; 1:1 и 1:3.

Полученные величины максимальной равновесной адсорбции показали (рис. 2), что для извлечения марганца целесообразнее использовать активный уголь АГ-3,

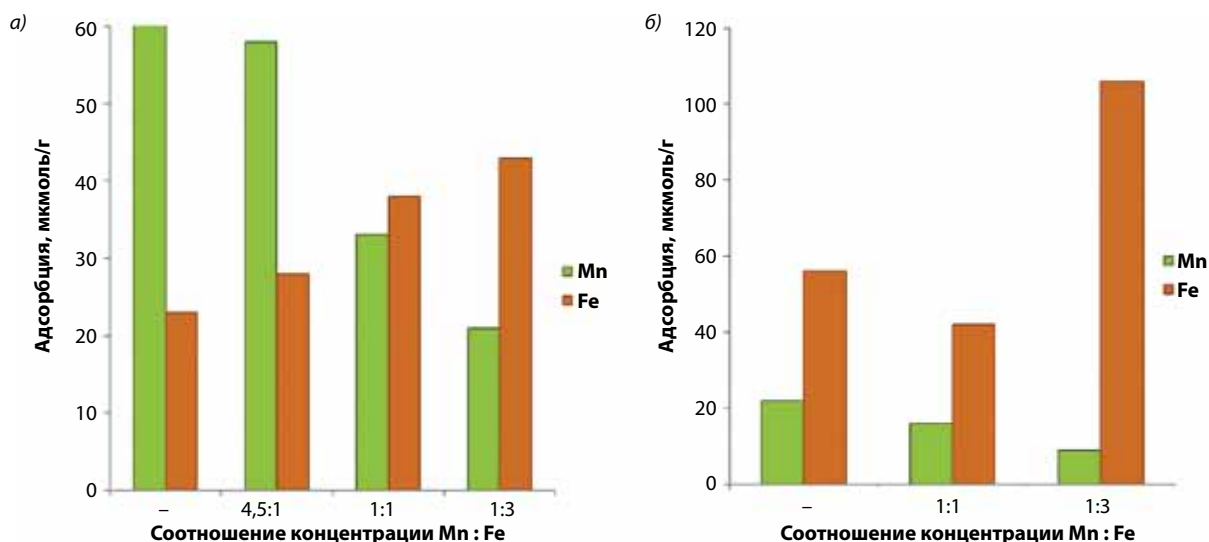


Рис. 2. Максимальная адсорбция ионов  $Mn^{+2}$  и  $Fe$  общее активными углями марок АГ-3 (а) и СКД-515 (б) из водных растворов индивидуального компонента и смесей при разных соотношениях

Fig. 2. Maximum adsorption of  $Mn^{+2}$  and total  $Fe$  ions by active coals of АГ-3 (a) and SKD-515 (b) grades from aqueous solutions of an individual component and mixtures at different ratios

а для железа – СКД-515. Присутствие железа снижает адсорбцию марганца из смеси и для АГ-3, и СКД-515 по сравнению с раствором индивидуального компонента при любых соотношениях концентраций. Адсорбция железа при этом на АГ-3 возрастает, а в случае СКД-515 зависит от концентрации второго иона.

Согласно полученным данным, при преобладании марганца в стоках для их очистки целесообразнее использовать АГ-3, а в случае более высокой концентрации железа – СКД-515. В случае близких концентраций этих соединений при выборе сорбента следует ориентироваться на дополнительные факторы, например влияние присутствия других солей или органических соединений.

### ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ДООЧИСТКЕ КАРЬЕРНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Принимая во внимание, что помимо ионов железа и марганца в сточных водах угольных разрезов приоритетными загрязнителями также являются нитрат-, нитрит-, сульфат- и хлорид ионы, в качестве альтернативы предлагается внедрить на очистных сооружениях реагентную обработку сточных вод с последующим отстаиванием в отстойниках-флокуляторах, фильтрацию на фильтрах с песчаной загрузкой, фильтрацию на сорбционных фильтрах.

На очистных сооружениях предусмотрены следующие технологические этапы: прием и усреднение стоков; отстаивание; забор осветленной воды и подача ее на доочистку в блок очистки; реагентная обработка; напорная

флотация; фильтрация через песчаный фильтр; доочистка воды на сорбционных фильтрах, загруженных активным углем (рис. 3).

Сорбционные фильтры предназначены для доочистки производственных, поверхностных вод от аммонийного азота, ионов тяжелых металлов, трехвалентного железа, радионуклидов и нефтепродуктов. В качестве сорбирующих материалов предлагается использовать активные угли марок АГ-3 или СКД-515.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из вышеприведенного анализа можно сделать вывод, что каждый метод, используемый для удаления ионов металлов, не является полностью предпочтительным и имеет свои преимущества и недостатки.

Выбор наиболее подходящего метода удаления ионов железа и марганца из сточных вод зависит от многих ключевых факторов, включая эксплуатационные расходы, начальную концентрацию ионов металлов, воздействие на окружающую среду, значения pH, добавленные химические вещества, эффективность удаления и экономическую целесообразность. На разных этапах извлечения ионов применяется тот метод, который является наиболее эффективным и экономически менее затратным.

Предлагаемая схема очистки карьерных сточных вод с использованием адсорбционных фильтров осуществляется от всех компонентов до величины нормативных допустимых сбросов. Данная технология отличается простотой и отсутствием больших количеств солевых регенерационных растворов (в отличие от технологии ионного обмена), значительно более низкой (в 2-3 раза) энергоемкостью (по сравнению с технологиями электродеионизации) при сопоставимых с ней объемах образующегося концентрата.

### Список литературы

1. Оценка эффективности очистки сточных вод угледобывающего предприятия и ее влияние на загрязнение малых рек / Л.А. Иванова, Н.С. Голубева, И.В. Тимошук и др. // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 1. С. 60-65. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.
2. Свергузова С.В., Хунади Л., Воронина Ю.С. Тяжелые металлы в окружающей среде и их трансформация // Chemical bulletin. 2019. № 2. С. 9-14.
3. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-коммунального водопользования. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/41/41363/.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41363/.htm) (дата обращения: 15.10.2023).
4. Электрофлотация и седиментация в очистке сточных вод от гидроксидов тяжелых и цветных металлов / Т.А. Хейн, П. Аунг, З.Х. Тхан и др. // Химическая промышленность сегодня. 2019. № 6. С. 30-37.
5. Патент № 2238911 С1 Российская Федерация, МПК C02F 1/62, C02F 103/16, C02F 103/36. Способ очистки сточных вод от меди, железа и марганца: № 2003104567/15: заявл. 14.02.2003; опубл. 27.10.2004 / В.П. Скорин, Ю.Д. Морозов, А.З. Абдуллин.
6. Гладких С.Н. Очистка стоков промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов // Безопасность жизнедеятельности. 2022. № 3. С. 32-36.

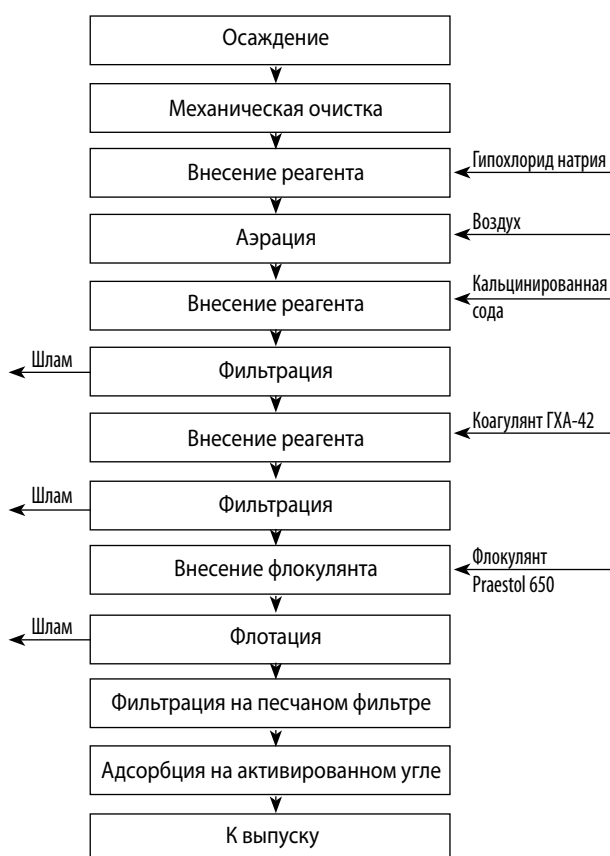


Рис. 3. Технологическая схема очистки карьерных вод  
Fig. 3. Technological diagram of quarry water treatment



7. Ксенофонов Б.С., Бондаренко А.В. Комплексная установка для очистки поверхностных сточных вод от железа // Сантехника. 2018. Т. 3. № 3. С. 44-47.
8. Trus I. Optimal conditions of ion exchange separation of anions in low-waste technologies of water desalination // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2022. Vol. 57. No. 3. P. 550-558.
9. Rajoria S., Vashishtha M., Sangal V.K. Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques // Environmental Science and Pollution Research. 2022. № 29. DOI: 10.1007/s11356-022-18643-y.
10. Патент № 2755988 С1 Российская Федерация, МПК C02F 9/00, C02F 9/12, C02F 1/463. Способ очистки сточных вод: № 2021106095: заявл. 10.03.2021: опубл. 23.09.2021 / С.И. Сапега, В.Н. Дигин.
11. Дедюхина Е.М., Дылгирова В.А., Аполлонова В.С. Очистка карьерных сточных вод от ионов железа // Заметки ученого. 2020. № 12. С. 83-87
12. Гайдукова А.М., Колесников В.А., Похвалитова А.А. Очистка сточных вод гальванического производства от ионов металлов с применением сорбции в статическом режиме и электрофлотации // Теоретическая и прикладная экология, 2021. № 4. С. 160-166. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-4-160-166.
13. К вопросу о возможности использования адсорбции при очистке карьерных сточных вод / И.В. Тимошук, А.К. Горелкина, Л.А. Иванова и др. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2021. № 3. С. 59-63.
14. Калюкова Е.Н., Письменко В.Т., Иванская Н.Н. Адсорбция катионов марганца и железа природными сорбентами // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. № 2. С. 194-200.
15. Ильясова Р.Р., Ахунов Р.Д., Силантьева Ю.В. Природный минерал вермикулит для очистки сточных вод промышленных предприятий от ионов железа и марганца / Научные исследования и разработки в эпоху глобализации: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Волгоград, 05 февраля 2017 года. Т. 3. Волгоград: Аэтерна, 2017. С. 35-39.
16. Степанов С.В., Панфилова О.Н. Доочистка сточных вод от ионов тяжелых металлов на природных цеолитах. В сборнике статей: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. Самарский государственный технический университет. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. С. 289-292.
17. The use of semi-coke for phenol removal from aqueous solutions / T.A. Krasnova, N.V. Gora, O.V. Belyaeva et al. // Carbon Letters. 2021.
18. Использование углеродных сорбентов для удаления марганца из водных сред / Т.А. Краснова, Е.Е. Беляева, О.В. Беляева и др. // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 7. С. 18-24. DOI: 10.35776/VST.2022.07.03.

## Original Paper

UDC 628.3:622 © L.A. Ivanova, O.V. Belyaeva, N.V. Gora, I.M. Ugarova, N.S. Golubeva, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 81-87  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-81-87>

## Title

## EFFICIENCY ANALYSIS OF METHODS TO REMOVE IRON AND MANGANESE IONS FROM COAL INDUSTRY WASTE WATER

## Authors

Ivanova L.A.<sup>1</sup>, Belyaeva O.V.<sup>1</sup>, Gora N.V.<sup>1</sup>, Ugarova I.M.<sup>1</sup>, Golubeva N.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Ivanova L.A.**, PhD (Engineering), Associate Professor,  
 e-mail: [lyuda\\_ivan@mail.ru](mailto:lyuda_ivan@mail.ru)

**Belyaeva O.V.**, PhD (Chemistry), Associate Professor

**Gora N.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Ugarova I.M.**, Postgraduate student

**Golubeva N.S.**, PhD (Engineering), Associate Professor

## Abstract

In the natural environment heavy metal pollution in most cases affects quarry and mine waters. These waters penetrate into the working zone of underground mines from aquifers, surface reservoirs and drainage workings. Waste waters of coal operations are characterized with a high degree of mineralization, low concentration of hydrogen ions, increased content of magnesium and calcium salts, as well as sulphates, iron, manganese and other compounds. The variety of qualitative and quantitative composition of waste water at coal mining companies is conditioned by many factors, namely the geological and hydrological conditions, saturation with salts as a result of water filtration through different types of rocks, as well as mixing of natural reservoir waters from different horizons as a result of their penetration.

The article analyzes the efficiency of the existing system to remove iron and manganese ions from coal mine waste water. The main methods of additional treatment of waste water from these ions are discussed together with their advantages and disadvantages. A process flow is proposed for additional waste water treatment before its discharge into rivers, which includes reception and averaging of waste water; settling; subsequent intake and feeding

of clarified water into a treatment plant for further additional treatment; chemical treatment; pressure flotation; filtration through a sand filter; and additional water treatment on sorption filters.

## Keywords

Adsorption, Waste water, Heavy metals, Iron, Manganese, Treatment methods, Maximum allowable concentration, Settling, Mechanical filtration, Galvanic coagulation.

## References

1. Ivanova L.A., Golubeva N.S., Timoshchuk I.V. et al. Evaluation of the efficiency of wastewater treatment of a coal mining enterprise and its impact on the pollution of small rivers. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2023, Vol. 27, (1), pp. 60-65. (In Russ.). DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.
2. Sverguzova S.V., Khunadi L. & Voronina Yu.S. Heavy metals in the environment and their transformation. *Chemical bulletin*, 2019, (2), pp. 9-14. (In Russ.).
3. GN 2.1.5.1315-03. Maximum allowable concentrations (MACs) of chemicals in the water of water objects used for drinking and domestic recreation purposes. [Electronic resource]. Available at: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/41/41363/.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41363/.htm) (accessed 15.10.2023).
4. Hein T.A., Aung P., Thang Z. Kh. et al. Electroflotation and sedimentation in wastewater treatment from hydroxides of heavy and nonferrous metal. *Himicheskaya promyshlennost' segodnya*, 2019, (6), pp. 30-37. (In Russ.).
5. Skorin V.P., Morozov Yu.D. & Abdullin A.Z. Method of wastewater treatment from copper, iron and manganese. Pat. No. 2238911 C1, Russian Federation, МПК C02F 1/62, C02F 103/16, C02F 103/36, Applic. No. 2003104567/15, claim 14.02.2003, publ. 27.10.2004.

6. Gladkikh S.N. Treatment of industrial waste waters from ions of heavy metals. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 2022, (3), pp. 32-36. (In Russ.).
7. Ksenofontov B.S. & Bondarenko A.V. Complex installation for surface wastewater treatment from iron. *Santehnika*, 2018, Vol. 3, (3), pp. 44-47. (In Russ.).
8. Trus I. Optimal conditions of ion exchange separation of anions in low-waste technologies of water desalination. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2022, Vol. 57, (3), pp. 550-558.
9. Rajoria S., Vashishtha M. & Sangal V.K. Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, (29). DOI: 10.1007/s11356-022-18643-y.
10. Saepaga S.I. & Digin V.N. Method of wastewater treatment. Pat. No. 2755988 C1 Russian Federation, MPK C02F 9/00, C02F 9/12, C02F 1/463, Applic. No. 20211106095, claim 10.03.2021, publ. 23.09.2021.
11. Dedyukhina E.M., Dylgirova V.A. & Apollonova V.S. Treatment of quarry wastewater from iron ions. *Zametki uchyonogo*, 2020, (12), pp. 83-87 (In Russ.).
12. Gaidukova A.M., Kolesnikov V.A. & Pokhvalitova A.A. Treatment of electroplating wastewater from metal ions with the use of sorption in static mode and electroflotation. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2021, (4), pp. 160-166. (In Russ.). DOI: 10.25750/1995-4301-2021-4-160-166.
13. Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Ivanova L.A. et al. On the possibility to use adsorption in treatment of quarry wastewater. *Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti*, 2021, (3), pp. 59-63. (In Russ.).
14. Kalyukova E.N., Pismenko V.T. & Ivanskaya N.N. Adsorption of manganese and iron cations by natural sorbents. *Sorbtsionnye i hromatograficheskie processy*, 2010, Vol. 10, (2), pp. 194-200. (In Russ.).
15. Ilyasova R.R., Akhunov R.D. & Silantjeva Yu.V. Vermiculite: a natural mineral for treatment of industrial wastewater from iron and manganese ions / Scientific research and development in the age of globalization: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Volgograd, February 05, 2017, Vol. 3, Volgograd, Aeterna Publ., 2017, pp. 35-39. (In Russ.).
16. Stepanov S.V. & Panfilova O.N. Additional treatment of wastewater from heavy metal ions using natural zeolites. In collected works: Traditions and

innovations in construction and architecture. Construction technologies. Samara State Technical University, Samara, Samara State Architecture and Construction University, 2017, pp. 289-292. (In Russ.).

17. Krasnova T.A., Gora N.V., Belyaeva O.V., Gorelkina A.K., Golubeva N.S. & Timoshchuk I.V. The use of semi-coke for phenol removal from aqueous solutions. *Carbon Letters*, 2021.

18. Krasnova T.A., Belyaeva E.E., Belyaeva O.V. et al. Use of carbon sorbents to remove manganese from aqueous media. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tehnika*, 2022, (7), pp. 18-24. (In Russ.). DOI: 10.35776/VST.2022.07.03.

#### Acknowledgements

The research was carried out within the framework of a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle "Development and implementation of a complex of technologies in the fields of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials with a consistent reduction of the environmental burden on the environment and risks to the life of the population", approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 05/11/2022, No. 1144-r, Agreement No. 075-15-2022-1201 dated 30.09.2022, with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

#### For citation

Ivanova L.A., Belyaeva O.V., Gora N.V., Ugarova I.M. & Golubeva N.S. Efficiency analysis of methods to remove iron and manganese ions from coal industry waste water. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 81-87. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-81-87.

#### Paper info

Received April 24, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

## На разрезах АО «Междуречье» и АО «УК Южная» установили сеть сейсмостанций российского производства

В октябре 2023 г. разрезы «Междуречье» и УК «Южная» Новой Горной Управляющей Компании в числе первых предприятий открытой добычи в России выполнили требования федеральных норм и правил в области промышленной безопасности по контролю сейсмических и геомеханических процессов. Современная система сейсмостанций позволяет проводить непрерывный контроль напряженного состояния массива, устойчивости бортов и отвалов разреза, а также осуществлять мониторинг сейсмических воздействий в ходе производственного процесса.

Система контроля геомеханических и сейсмических процессов строится на базе сети территориальных распределенных станций. Каждая состоит из регистратора сейсмических событий и сейсмоприемников, установленных на бортах разрезов. Регистратор выполняет функции сбора, обработки и передачи данных измерений через автономную LTE-сеть (в начале 2023 г. в АО «Междуречье» была развернута крупнейшая в России выделенная технологическая сеть LTE) на коммутационное оборудование, которое передает информацию в диспетчерский пункт. Питание оборудования обеспечивается солнечными батареями, что делает систему мобильной и экологичной.

Система, разработанная специалистами Сибирского института геотехнических исследований совместно с техни-



ческими службами предприятий на основе геомеханических данных разрезов, тестировалась и калибровалась на участке «Береговой» АО «УК Южная» с непосредственным мониторингом Алтае-Саянского

филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской Академии Наук».



Сеть сейсмостанций на разрезе «Междуречье» Новой Горной УК повышает контроль за безопасным ведением горных работ

# Прогнозирование показателей туризма в регионах с угольной добычей: анализ возможностей с использованием информационно-аналитической системы «Горизонт»\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-88-95>

## КИТОВА О.В.

Доктор экон. наук, доцент,  
заведующий кафедрой информатики  
ВШ КМиС РЭУ им. Г.В. Плеханова  
ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет  
имени Г.В. Плеханова»,  
117997, г. Москва, Россия,  
e-mail: Kitova.OV@rea.ru

## САВИНОВА В.М.

Старший преподаватель  
кафедры информатики  
ВШ КМиС РЭУ им. Г.В. Плеханова  
ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет  
имени Г.В. Плеханова»,  
117997, г. Москва, Россия,  
e-mail: Savinova.VM@rea.ru

## ДЬЯКОНОВА Л.П.

Канд. физ.-мат. наук, доцент,  
доцент кафедры информатики  
ВШ КМиС РЭУ им. Г.В. Плеханова  
ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет  
имени Г.В. Плеханова»,  
117997, г. Москва, Россия,  
e-mail: Dyakonova.Lp@rea.ru

## БОНДАРЕНКО Ю.О.

Магистрант ВШ КМиС РЭУ им. Г.В. Плеханова,  
ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет  
имени Г.В. Плеханова»,  
117997, г. Москва, Россия,  
e-mail: bondarenkouliab6@gmail.com

Прогнозирование показателей туризма в регионах с угольной добычей представляет собой актуальную задачу, особенно для российских регионов, где добыча угля идет в активном темпе. В контексте национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства» акцентируется внимание на развитие туризма, однако методологии прогнозирования туризма как по России в целом, так и в угольных регионах до сих пор не сформулированы. Исследование существующих подходов к прогнозированию показателей туризма показало отсутствие комплексных моделей, которые учитывают взаимодействие туризма с угольной отраслью и другими социально-экономическими параметрами угольных регионов. В этом исследовании основные показатели туристической отрасли включены в виде отдельного блока в общую модель социально-экономических показателей России в развиваемой авторами информационно-аналитической системе «Горизонт».

Это позволило осуществить построение краткосрочных прогнозов во взаимосвязи с показателями других экономических блоков. Три показателя были успешно описаны с помощью модели линейной регрессии; для четырех показателей повышение качества и точности прогноза было достигнуто за счет использования моделей Случайный лес и Метод k ближайших соседей; для двух показателей принята модель линейной регрессии, дающая высокие значения качества и средние по точности прогнозирования.

\* Данное исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ на тему «Модели, методы и алгоритмы искусственного интеллекта в задачах экономики для анализа и стилизации многомерных данных, прогнозирования временных рядов и проектирования рекомендательных систем», номер проекта FSSW-2023-0004.



Благодаря комплексному использованию показателей туризма удалось создать надежные модели для прогнозирования развития туризма России. Это исследование может послужить основой для изучения региональных показателей туризма и разработки стратегий по развитию туризма в регионах с угольной добычей.

**Ключевые слова:** социально-экономические показатели РФ, туристическая отрасль, угольные регионы, прогнозирование, временные ряды, гибридная информационно-аналитическая система.

**Для цитирования:** Прогнозирование показателей туризма в регионах с угольной добычей: анализ возможностей с использованием информационно-аналитической системы «Горизонт» / О.В. Китова, В.М. Савинова Л.П. Дьяконова и др. // Уголь. 2023. №11. С. 88-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-88-95.

## ВВЕДЕНИЕ

В 2021 г. в рамках национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства» была разработана стратегия, направленная на развитие туризма до 2024 г. Основные задачи данной инициативы:

- увеличение числа внутренних туристических поездок;
- содействие созданию рабочих мест в сфере туризма в этих регионах;
- привлечение иностранного капитала для развития инфраструктуры туризма.

Прогнозирование развития туризма в регионах с угольной добычей требует интегрированного подхода, основанного на сочетании макроэкономических, социально-экономических и экологических показателей. Стратегический план развития туристической отрасли в этих регионах должен учитывать специфику угольной добычи и ее возможное воздействие на систему. Развиваемая авторами исследования информационно-аналитическая система (ИАС) «Горизонт» позволяет учитывать различные социально-экономические показатели, влияющие на туризм, в том числе экологическую обстановку, состояние инфраструктуры и потребность населения в отдыхе.

Цель данного исследования заключается в разработке модели прогнозирования для туризма в РФ и регионах с учетом их специфики, включая угольные регионы. Эта модель будет использоваться для построения краткосрочных прогнозов развития туризма в зависимости от различных сценариев развития национальной экономики.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В работе [1] авторы сосредоточили свое внимание на анализе туризма в Мурманской области, используя для этого ADL-модель [2]. При этом были взяты в расчет данные с 2000 по 2015 г. с учетом таких параметров, как экологическое состояние региона и экономическая активность в сфере туризма. В работе [3] автор анализирует инвестиции в туристическую сферу Центрального федерального округа РФ, что позволяет оценить потенциал развития туризма. В статье [4] рассматривается сценарный подход к управлению гостиничным бизнесом на основе прогнозирования объема туристического потока. В работе [5] ис-

следователи предложили применять методы математического программирования, адаптированные к туризму. Работа [6], направленная на прогнозирование развития туризма, предлагает ARIMA-модель для анализа спроса и цен на турпродукт, которая может быть адаптирована к регионам с угольной добычей. В работе [7] анализируется возможное воздействие ряда факторов на посещаемость регионов: численность населения региона, ВВП региона, инфраструктурное развитие региона, транспортную доступность, среднюю стоимость экскурсий. В другом исследовании [8] авторы фокусируются на туризме в восьми регионах. Для прогнозирования использовались модели серого прогнозирования (Grey Forecast Model), эффективные при небольших объемах данных и частичном недостатке информации. В статье [9] рассмотрен финский опыт прогнозирования. В статье [10] описан авторский подход к прогнозированию туристического потока в зависимости от экологических факторов регионов, работающий лучше стандартных методов машинного обучения на рассматриваемых данных, однако в нем не проводится оценка работы алгоритма на данных других туристических организаций. В исследовании [11] рассматривался поток туристов в регионах Узбекистана за период 2000-2020 гг. Основное внимание уделялось анализу влияния социальных и экологических изменений, а также уровня безопасности на интерес туристов к этим территориям. Модель ARIMA (2, 1, 0) прогнозирует увеличение интереса к туризму в этих регионах вплоть до 2026 г., что может быть связано с активной рекламной деятельностью и государственной поддержкой. Работы [12, 13, 14, 15, 16] предлагают гибридные методы прогнозирования, которые лучше подходят для такого рода задач. С середины прошлого века разработка регрессионных моделей для странового анализа была активно представлена в исследованиях [17, 18, 19, 20, 21]. Система «Горизонт», разработанная в РЭУ им. Г.В. Плеханова, представляет собой инновационный инструмент, объединяющий в себе модуль регрессионного анализа, нейросетевой модуль и модуль прогнозирования на основе деревьев решений [22, 23, 24, 25, 26].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рассматриваемом гибридном подходе к прогнозированию экономических показателей выделены два типа моделей: балансово-эконометрические системы моделей и интеллектуальные модели, основанные на искусственных нейронных сетях, деревьях решений и др.

В нашей работе исследуются временные ряды, характеризующие экономические индикаторы экономики РФ. Угруппированная структура блоков показателей представлена на рис. 1. В настоящей работе рассматривается блок показателей туристической отрасли.

В принятой методологии используются показатели, лежащие в основе Единой государственной денежно-кредитной политики Центрального банка России и формирующие различные сценарии развития макроэкономики страны. Сценарии развития РФ на 2021-2024 гг. описаны в документе Банка России «Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2022 год и период 2023 и 2024 годов» [27]. На указан-





Рис. 1. Структура эконометрических моделей системы «Горизонт»

Fig. 1. Structure of econometric models of the 'Gorizont' system

ный период Банк России предложил четыре возможных сценария: базовый, проинфляционный, дезинфляционный и рисковый.

В условиях обострившейся геополитической ситуации нами были выбраны следующие сценарии:

- 2022 г.: Устойчивое повышение мировой инфляции;
- 2023, 2024 годы: Сценарий «Глобальная инфляция».

Используемые в модели сценарные показатели приведены в табл. 1.

Результаты, полученные на предыдущем этапе реализации алгоритма, затем верифицируются при помощи метрик качества моделирования. В табл. 2 приведены пороговые значения метрик качества построенных моделей.

При несоответствии метрик качества построенных линейных уравнений регрессии их пороговым значениям, приведенным в табл. 1, осуществляется построение для соответствующих показателей моделей на основе машинного обучения. Качество построенных на данном этапе моделей оценивается посредством расчета коэффициента детерминации и средней относительной ошибки MAPE по обучающим и тестовым выборкам.

Таблица 1

**Сценарные показатели**

Scenario indicators

Обозначение показателя (метка)	Наименование показателя
KR	Ключевая ставка ЦБ РФ, % годовых
M2	Темп прироста денежной массы в национальном распределении, млрд руб.
FW	Цена на нефть марки Urals, средняя за год, дол. США за баррель
REZ	Изменение международных резервов РФ, % к предыдущему году
VVP	Валовой внутренний продукт, млрд руб.

**СТРУКТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТУРИСТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ РФ В РЕГИОНАХ С УГОЛЬНОЙ ДОБЫЧЕЙ**

Чтобы выявить потенциал туризма в регионах, где проводится угольная добыча, необходимо проанализировать отраслевые показатели. При этом особое внимание уделяется Стратегии развития туризма в РФ до 2035 г. [28] и Национальному проекту «Туризм и индустрия гостеприимства». Определим ключевые показатели туризма:

- число туристических поездок (NTT), чел.;
- число въездных туристических поездок иностранных граждан (NFT), чел.;
- экспорт услуг по статье «Поездки» (EET), млн дол. США.

Таблица 2

**Пороговые значения критериев качества**

Threshold values of the quality criteria

Оценка качества моделирования		
Метрика	Обозначение	Пороговое значение
Коэффициент детерминации	$R^2$	$> 0,5$
Критерий Дарбина-Уотсона	$DW$	$0,8 < DW < 3,2$
Критерий Фишера	$F-stat$	$> 5,0$
Оценка качества прогноза ( $\Delta$ )		
Высокое	Среднее	Низкое
$< 0,05$	$0,05 < \Delta < 0,15$	$> 0,15$

## Значения метрик качества моделирования показателей

Values of the quality metrics for modeling indicators

Наименование показателя	Наименование переменной	R <sup>2</sup>	DW	F-stat	Δ
Количество предприятий в сфере «Гостиницы и рестораны», тыс.	HRC	0,90	1,64	104,96	0,02
Объем строительства, млн руб.	CV	0,91	0,93	188,37	0,04
Пассажирооборот, млрд пассажирокилометров	PT	0,66	1,07	21,60	0,06
Число туристических поездок, чел.	NTT	0,84	1,72	59,74	0,01
Число въездных туристских поездок иностранных граждан в Российскую Федерацию, чел.	NFT	0,67	0,51	35,81	0,27
Экспорт услуг по статье «Поездки», млн дол. США	ET	0,73	1,65	99,23	0,11
Доходы коллективных средств размещения от предоставляемых услуг без НДС, акцизов и аналогичных платежей, руб.	TOI	0,91	0,97	363,44	0,08
Инвестиции в основной капитал в сфере туризма, млрд руб.	IT	0,88	0,87	85,28	0,17
Количество предприятий в сфере «Транспорт и связь», тыс.	TCC	0,36	0,31	10,00	0,04

**Число туристических поездок** отображает количество граждан Российской Федерации, размещенных в коллективных средствах размещения, входящих в Единый перечень классифицированных гостиниц, горнолыжных трасс, пляжей, длительностью не менее одной ночевки. Расчет показателя базируется на формуле (1), которая учитывает специфику размещения и продолжительность пребывания в регионе:

$$NTT = \frac{КСР_r}{(AB_r + ЖД_r)} \times (ЖД + AB_n), \quad (1)$$

где КСР<sub>r</sub> – число граждан РФ, размещенных в коллективных средствах размещения в предшествующем году, по данным ЕМИСС, чел.; АВ<sub>r</sub> – число пассажиров внутренней авиаперевозки в предшествующем году, чел.; ЖД<sub>r</sub> – число пассажиров в сообщении дальнего следования в предшествующем году, чел.; ЖД – число пассажиров в сообщении дальнего следования за отчетный период, чел.; АВ<sub>n</sub> – прогнозное значение числа пассажиров внутренней авиаперевозки за отчетный период, чел.

**Число въездных туристских поездок иностранных граждан в РФ** – показатель, отражающий количество совершенных иностранными гражданами путешествий с момента въезда в страну до момента выезда. Расчет показателя производится по следующей формуле:

$$NFT_{мес}^{пс} = \left( D_{мес}^{га} \times NFT_{кв}^{пс(авиа)} + \frac{D_{мес}^{га} \times NFT_{кв}^{пс(авиа)}}{D_{кв}^{пс(авиа)}} - D_{мес}^{га} \times NFT_{кв}^{пс(авиа)} \right) \times D_{пс}^{тур.поездки}, \quad (2)$$

где  $NFT_{мес}^{пс}$  – количество прибывших иностранных граждан и лиц без гражданства в РФ за отчетный месяц;  $D_{мес}^{га}$  – доля перевезенных авиапассажиров международных перевозок за отчетный месяц по отношению к квартальному значению;  $NFT_{кв}^{пс(авиа)}$  – количество прибывших иностранных граждан и лиц без гражданства в РФ путем авиаперелетов за отчетный квартал;  $D_{кв}^{пс(авиа)}$  – доля прибывших иностранных граждан и лиц без гражданства в РФ путем авиаперелетов по отношению к общему количеству прибывших иностранных граждан и лиц без гражданства в РФ по всем видам транспорта за отчетный квартал;  $D_{пс}^{тур.поездки}$  – доля

въездных поездок в РФ за отчетный квартал по отношению к общему количеству прибывших иностранных граждан и лиц без гражданства в РФ по всем видам транспорта за отчетный квартал.

**Экспорт услуг по статье «Поездки»** вычисляется путем суммирования затрат на туристические товары и услуги, приобретенные физическими лицами-нерезидентами в регионах РФ.

Второй блок показателей выявляет динамику развития туризма в регионах:

– доходы коллективных средств размещения от предоставляемых услуг без НДС, акцизов и аналогичных платежей (*TOI*);

– инвестиции в основной капитал в сфере туризма (*IT*);

– количество предприятий в сфере «Гостиницы и рестораны» (*HRC*).

Третий блок подчеркивает инфраструктурное развитие, необходимое для поддержки туризма:

– количество предприятий в сфере «Транспорт и связь» (*TCC*);

– объем строительства (*CV*);

– пассажирооборот (*PT*).

**РЕЗУЛЬТАТЫ****Решение задачи линейной регрессии в рамках предиктивного ансамбля моделей**

Для разработки прогнозирующей системы, основанной на анализе потенциала туризма, начальным этапом стало определение линейной регрессии. В этом контексте был проанализирован ряд переменных, характеризующих возможности туризма в регионах.

В табл. 3 представлены значения метрик качества уравнений, построенных для показателей, характеризующих развитие туристической отрасли Российской Федерации.

На основе табл. 3 составлена табл. 4, представляющая собой качественную оценку произведенного моделирования.

На основе анализа линейной регрессии было определено влияние различных экономических показателей на развитие туризма и были сформированы следующие уравнения:

1. Количество предприятий в сфере «Гостиницы и рестораны»:

$$HRC = 0,94 \times ZZ + 0,44 \times BIRTS + 0,004 \times EAP - 201,4,$$

где  $ZZ$  – просроченная задолженность организаций по заработной плате;  $BIRTS$  – родившиеся;  $EAP$  – численность рабочей силы.

2. Объем строительства:

$$CV = (-33,4 \times AMINC + 105,06 \times VVP + 434673,5) \times S,$$

где  $AMINC$  – среднедушевые денежные доходы населения (в месяц);  $VVP$  – валовый внутренний продукт;  $S$  – сезонная компонента показателя.

3. Число туристских поездок:

$$NTT = (489,5 \times VVP - 56719,7 \times PBT1 + 83446,2 \times PT - 7618026,4) \times S$$

где  $VVP$  – валовой внутренний продукт;  $PBT1$  – валовая прибыль экономики 1 (валовой смешанный доход) ( $BBIT2$ );  $PT$  – пассажирооборот, млрд пассажирокилометров;  $S$  – сезонная компонента показателя.

Для тех показателей, которые не дали высокой точности при использовании линейной регрессии, было применено машинное обучение. Для этого использовались различные модели, включая дерево решений, случайный лес, метод ближайших соседей и метод опорных векторов. Табл. 5 содержит результаты моделирования для каждого из рассмотренных показателей и позволяет сделать вывод о наиболее подходящих методах для прогнозирования.

Так как решение задачи линейной регрессии обеспечило высокое качество и среднюю точность прогноза (см. табл. 4), было решено использовать для указанных показателей линейную модель. Ниже представлены линейные уравнения, полученные для показателей  $PT$  и  $TOI$ :

$$PT = 0,02EMEC - 0,0004MIGRAIN + 0,00014MIGRAOUT + S - 1265,5,$$

где  $EMEC$  – занятые;  $MIGRAIN$  – число прибывших;  $MIGRAOUT$  – число выбывших;  $S$  – сезонная компонента.

$TOI = (11,5NTT - 33112360,2)S,$   
где  $NTT$  – число туристских поездок;  $S$  – сезонная компонента.

Далее на рис. 2 представлен график прогнозов для целевых показателей, определенных в документах: Стратегия развития туризма в РФ на период до 2035 г. и Национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства».

Согласно нашему прогнозу, показатель Число туристских поездок снизится на 10% в 2023 г. по сравнению с 2022 г. В итоге уровень поездок вернется к показателям 2019 г. Ожидается рост показателя Число въездных туристских поездок иностранных граждан в РФ на 27% в 2023 г. по сравнению с 2022 г. Прогнозируется, что показатель Экспорт услуг по статье «Поездки» с учетом его сезонной компоненты увеличится на 20% в 2023 г. по сравнению с предыдущим годом. Приведенные прогнозы для всех регионов в целом позволяют делать вывод, что с помощью ИАС «Горизонт» можно делать более обоснованные прогнозы относительно развития туризма в угольных регионах России.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Модели на основе линейной регрессии остаются ключевыми при исследовании взаимосвязей в области социально-экономического развития, особенно при прогнозировании туризма в регионах угольной добычи. Наши исследования указывают на то, что для 70-80% показателей такие модели дают качественные прогнозы. За последнее десятилетие в сфере прогнозирования показателей туризма активно применяются методы, основанные на моделях деревьев решений, случайного леса, метода ближайших соседей и метода опорных векторов. Именно такой подход реализован в ИАС «Горизонт», которую развивает наша научная группа. В данной статье мы представляем результаты, полученные с применением системы «Горизонт» к показателям развития туризма в Российской Федерации в целом. В дальнейших работах будут представлены расчеты для ряда регионов, в которых активно ведется угольная добыча.

Таблица 4

### Верификация регрессионных моделей показателей

Verification of the regression indicator models

Верификация		Критерий точности		
		Высокая	Средняя	Низкая
Критерий качества	Высокое	HRC, CV, NTT	PT, ET, TOI	IT
	Низкое	TCC	–	NFT

Таблица 5

### Лучшие модели машинного обучения для показателей

Best machine learning models for the indicators

Показатель	Лучшая модель	R <sup>2</sup>	Δ
Инвестиции в основной капитал в сфере туризма (IT)	KNN-метод	0,71	0,03
Кол-во предприятий в сфере «Транспорт и связь» (TCC)	Случайный лес	0,64	0,05
Число въездных туристских поездок иностранных граждан в Российскую Федерацию (NFT)	Случайный лес	0,93	0,057
Экспорт услуг по статье «Поездки» (ET)	KNN-метод	0,81	0,01

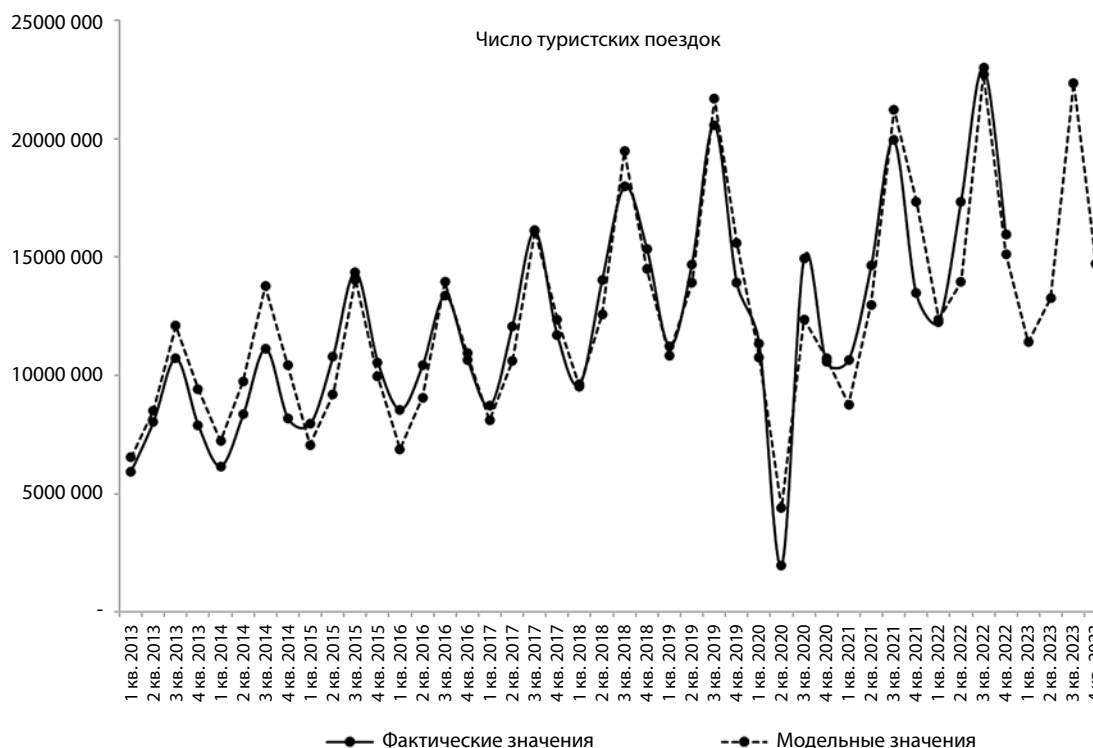


Рис. 2. Прогноз числа туристских поездок (NTT)

Fig. 2. Forecast of the number of tourist trips (NTT)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках анализа потенциала развития туризма в регионах Российской Федерации были проведены расчеты на основе линейной регрессии и некоторых ключевых моделей машинного обучения. Главной целью было выявление индикативных показателей, характеризующих развитие этой отрасли. В результате были получены следующие данные.

- Применяя гибридный метод, авторы исследования построили ряд моделей и прогнозов на основе системы информационно-аналитической системы «Горизонт».
- С применением указанной системы было выполнено прогнозирование девяти ключевых показателей туризма РФ.
- Из этой системы показателей три показателя были успешно описаны с помощью модели линейной регрессии. Четыре показателя продемонстрировали лучшие результаты при использовании моделей «Случайный лес» и «Метод к ближайших соседей».

## Список литературы

1. Черногорский С.А., Сорокожердьев К.Г., Васильева А.А. Анализ динамики развития сферы туризма в Мурманской области // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 5. С. 130-135. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42156> (дата обращения: 15.10.2023).
2. Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методологические принципы анализа мирового рынка товара с использованием системы взаимосвязанных эконометрических уравнений // *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*. 2014. № 3. С. 50–58.
3. Бабешко Л.О. Эконометрическое моделирование влияния инвестиций в сферу туризма на объем туристического потока в программной среде R // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. № 1. С. 167-171. DOI: 10.17513/mjprf.12087.
4. Инструментальные средства в управлении ресурсами туристического бизнеса / А.М. Курматова, Е.В. Попова, С.А. Курносов и др. // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2022. № 11 (часть 2). С. 259-266. DOI: 10.17513/vaael.2560.
5. Белинская И.В., Чайковская А.В. Теория игр как способ повышения конкурентоспособности субъектов рынка сельского туризма. Экономика и земельные ресурсы // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2017. № 1. С. 218-222. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoriya-igr-kak-sposob-povysheniya-konkurentosposobnosti-subektov-rynka-selskogo-turizma> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Сердюков С.Д., Сердюкова Н.К. Разработка онтологической модели предметной области туристского бизнеса // *Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»*. 2016. Т. 8. № 3.
7. Research on a forecasting model of tourism traffic volume in theme parks in China / Mei Zhen-yu, Qiu Hai, Feng Chi et al. // *Transportation Safety and Environment*. 2019. 1. DOI: 10.1093/tse/tdz011.
8. Forecasting Tourism Demand in Selected Caribbean Countries Using Optimised Grey Forecasting Models / La Foucade Althea, Gabriel Samuel, Scott Ewan et al. // *Social and Economic Studies*. 2022. 70. P.35-53.
9. Nurmi Ossi, Luomaranta Henri, Fornaro Paolo. TOURCAST – a Finnish tourism nowcasting and forecasting model. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.12389.83688.
10. Tourism Demand Forecasting Considering Environmental Factors: A Case Study for Chengdu Research Base of Giant Panda Breeding



- / He Jianhong, Liu Dong, Guo Yulei et al. // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022. 10. DOI: 10.3389/fevo.2022.885171.
11. Forecasting the Volume of Tourism Services in Uzbekistan / B. Safarov, H. Al-smadi, M. Buzrukova et al. // *Sustainability*. 2022. No 14. 7762. DOI: 10.3390/su14137762.
  12. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 452 с.
  13. Аверкин А.Н., Ярушев С.А. Гибридный подход для прогнозирования временных рядов на основании нейросети ANFIS и нечетких когнитивных карт / Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2017. Т. 1. С. 467-470.
  14. Wang J.S., Ning C.X. ANFIS Based Time Series Prediction Method of Bank Cash Flow Optimized by Adaptive Population Activity PSO Algorithm // *Information*. 2015. No 6. P. 300–313. [Электронный ресурс]. URL: [https://pdfs.semanticscholar.org/dd5e/457750cb12c29ab9bb6a4e5e66ae9d2325ac.pdf?\\_ga=2.141664882.1709643985.1597330733-888206771.1597330733](https://pdfs.semanticscholar.org/dd5e/457750cb12c29ab9bb6a4e5e66ae9d2325ac.pdf?_ga=2.141664882.1709643985.1597330733-888206771.1597330733) (дата обращения: 15.10.2023).
  15. Gunasekaran M., K.S. Ramaswami. A fusion model integrating ANFIS and artificial immune algorithm for forecasting Indian stock market // *Journal of Applied Sciences* 2011. 11. 16. P. 3028-3033.
  16. Klein L.R., Goldberger A.S. *An econometric model of the United States, 1929-1952*, Amsterdam, 1955.
  17. Колмаков И.Б. Основы моделирования. Имитационные макромоделли рыночной экономики. М.: Из-во Рос. экон. акад им. Г.В. Плеханова, 1995. 203 с.
  18. Эконометрическая модель экономики России для целей краткосрочного прогноза и сценарного анализа / В.Л. Макаров, С.А. Айвазян, С.В. Борисова и др. М.: ЦЭМИ РАН, 2001.
  19. Сиволап Н.Н. Прогнозирование основных показателей социальной сферы региона // *Региональная экономика: теория и практика*. 2007. № 7.
  20. Турунцева М.Ю., Киблицкая Т. Качественные свойства различных подходов к прогнозированию социально-экономических показателей РФ. М.: ИЭПП, 2010. 148 с.
  21. Development of hybrid models and a system for forecasting the indicators of the Russian economy / O. Kitova, V. Savinova, L. Dyakonova et al. // *Espacios*. 2019. Vol. 40. No 10. P. 18-24.
  22. Hybrid intelligent system of forecasting of the socio-economic development of the country / O.V. Kitova, I.B. Kolmakov, L.P. Dyakonova et al. // *International Journal of Applied Business and Economic Research*. 2016. Vol. 14. No 9. P. 5755-5766.
  23. Применение нейронных сетей для прогнозирования социально-экономических временных рядов / О.В. Китова, Л.П. Дьяконова, В.А. Китов и др. // *Russian Economic Bulletin*. 2020. Т. 3. № 5. С. 188-201. <http://dgpu-journals.ru/archives/11494>.
  24. Digital service for scenario forecasting of socio-economic indicators of entrepreneurial activity of Russia / O. Kitova, L. Dyakonova, V. Kitov et al. // *Academy of Entrepreneurship Journal*. 2020. Vol. 26. Is. 4. С. 1-7. URL: <https://www.abacademies.org/articles/digital-service-for-scenario-forecasting-of-socioeconomic-indicators-of-entrepreneurial-activity-of-russia-9647.html> (дата обращения: 15.10.2023).
  25. Китова О.В., Савинова В.М. Структура и информационно-логическая схема работы системы прогнозирования экономических временных рядов «СГМ Горизонт» // *Modern Economy Success*. 2020. № 5. С. 190-197. <https://mes-journal.ru/archives/10320>.
  26. Банк России. Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2023 год и период 2024 и 2025 годов. Москва, 2022. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.cbr.ru/about\\_br/publ/ondkr](http://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkr) (дата обращения: 15.10.2023).
  27. О Стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 г.: Распоряжение Правительства РФ от 20 сентября 2019 г. № 2129-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201909230010> (дата обращения: 15.10.2023).
  28. Национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства». Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/turizm/nacionalnyy\\_proekt\\_turizm\\_i\\_industriya\\_gostepriimstva/](https://www.economy.gov.ru/material/directions/turizm/nacionalnyy_proekt_turizm_i_industriya_gostepriimstva/) (дата обращения: 15.10.2023).

*Original Paper*

UDC 338.48(571.651) © O.V. Kitova, V.M. Savinova, L.P. Dyakonova, Yu.O. Bondarenko, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 88-95  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-88-95>

## Title

**FORECASTING TOURISM INDICATORS IN REGIONS WITH COAL MINING:  
 ANALYSIS OF OPPORTUNITIES USING THE HORIZON INFORMATION ANALYTICAL SYSTEM**

## Authors

Kitova O.V.<sup>1</sup>, Savinova V.M.<sup>1</sup>, Dyakonova L.P.<sup>1</sup>, Bondarenko Yu.O.<sup>1</sup>

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

## Authors Information

**Kitova O.V.**, Doctor of Economics Sciences, Associate Professor, Head of the Computer Science Department of the Higher School of Economics of the Plekhanov Russian University of Economics, e-mail: [Kitova.OV@rea.ru](mailto:Kitova.OV@rea.ru)

**Savinova V.M.**, Senior Lecturer of the Computer Science Department of the Higher School of Economics of the Plekhanov Russian University of Economics, e-mail: [Savinova.VM@rea.ru](mailto:Savinova.VM@rea.ru)

**Dyakonova L.P.**, PhD (Physical and Mathematical), Associate Professor, Associate Professor of the Computer Science Department of the Higher School of Economics of the Plekhanov Russian University of Economics, e-mail: [Dyakonova.lp@rea.ru](mailto:Dyakonova.lp@rea.ru)

**Bondarenko Yu.O.**, Master's student of the Higher School of Economics of the Plekhanov Russian University of Economics  
 e-mail: [bondarenkoulia66@gmail.com](mailto:bondarenkoulia66@gmail.com)

## Abstract

Forecasting tourism indicators in regions with coal mining is an urgent task, especially for Russian regions where coal mining is proceeding at an active pace. In the context of the national project "Tourism and Hospitality Industry", attention is focused on the development of tourism, however, methodologies for forecasting tourism both for Russia as a whole and in the coal regions have not yet been formulated.

A study of existing approaches to forecasting tourism indicators showed the lack of comprehensive models that take into account the interaction of tourism with the coal industry and other socio-economic parameters of coal regions. In this study, the main indicators of the tourism industry are included as a separate block in the general model of socio-economic indicators of Russia in the information and analytical system "Horizon" developed by the authors.

This made it possible to construct short-term forecasts in conjunction with indicators of other economic blocks. Three indicators were successfully described using a linear regression model; for four indicators, an increase in the quality and accuracy of the forecast was achieved through the use of the Random Forest and k-nearest neighbors models; for two indicators, a linear regression model was adopted, which showed high quality values and average accuracy.

Thanks to the integrated use of tourism indicators, it was possible to create reliable models for predicting the development of tourism in Russia.

### Keywords

Socio-economic indicators of the Russian Federation, Tourism industry, Coal regions, Forecasting, Time series, Hybrid information and analytical system.

### References

- Chernogorsky S.A., Sorokozherdiev K.G. & Vasilieva A.A. Analysis of the tourism development dynamics in the Murmansk Oblast. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2018, (5), pp. 130-135. Available at: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42156> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
- Didenko N.I. & Skrypnyuk D.F. Methodological principles of analyzing the world commodity market using the system of interrelated econometric equations. *MIR (Modernizaciya, innovaciya, razvitie)*, 2014, (3), pp. 50-58. (In Russ.).
- Babeshko L.O. Econometric modeling of the impact of investment in tourism on the volume of tourist flow in the software environment R. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy*, 2018, (1), pp. 167-171. (In Russ.). DOI: 10.17513/mjpf.12087.
- Kumratova A.M., Popova E.V., Kurnosov S.A. et al. Tools in the management of tourism business resources. *Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava*, 2022, (11, Part 2), pp. 259-266. (In Russ.). DOI: 10.17513/vaael.2560.
- Belinskaya I.V. & Chaikovskaya A.V. The Games theory as a way to increase the competitiveness of rural tourism market actors. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, (1), pp. 218-222. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoriya-igr-kak-sposob-povysheniya-konkurentosposobnosti-subektorv-rynka-selskogo-turizma> (accessed 15.10.2023).
- Serdyukov S.D. & Serdyukova N.K. Development of the ontological model of the tourist business object domain. *Naukovedenie – Science Studies Online Magazine*, 2016, Vol. 8, (3).
- Mei Zhen-yu, Qiu Hai, Feng Chi & Cheng Yang. Research on a forecasting model of tourism traffic volume in theme parks in China. *Transportation Safety and Environment*, 2019, (1). DOI: 10.1093/tse/tdz011.
- La Foucade Althea, Gabriel Samuel, Scott Ewan, Metivier Charmaine & Laptiste Christine. Forecasting Tourism Demand in Selected Caribbean Countries Using Optimised Grey Forecasting Models. *Social and Economic Studies*, 2022, (70), pp. 35-53.
- Nurmi Ossi, Luomaranta Henri & Fornaro Paolo. TOURCAST – a Finnish tourism nowcasting and forecasting model, 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.12389.83688.
- He Jianhong, Liu Dong, Guo Yulei & Zhou Daohua. Tourism Demand Forecasting Considering Environmental Factors: A Case Study for Chengdu Research Base of Giant Panda Breeding. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2022. (10). DOI: 10.3389/fevo.2022.885171.
- Safarov Bahodirhon, Al-smadi Hisham, Buzrukova Makhina, Janzakov Bekzot, Alexandru Ilies, Grama Vasile, Iliș Dorina, Csobán Katalin & Dr. Dávid, Lóránt Dénes. Forecasting the Volume of Tourism Services in Uzbekistan. *Sustainability*, 2022, (14), 7762. DOI: 10.3390/su14137762.
- Rutkowska D., Pilinski M. & Rutkowski L. Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems, Moscow, Goriachaya liniya – Telekom Publ., 2006, 452 p. (In Russ.).
- Averkin A.N. & Yarushev S.A. Hybrid approach to forecasting time series based on ANFIS neural network and fuzzy cognitive maps. International Conference on Soft Computing and Measurement, 2017, (1), pp. 467-470. (In Russ.).
- Wang J.S. & Ning C.X. ANFIS Based Time Series Prediction Method of Bank Cash Flow Optimized by Adaptive Population Activity PSO Algorithm. *Information*, 2015, (6), pp. 300-313. [Electronic resource]. Available at: [https://pdfs.semanticscholar.org/dd5e/457750cb12c29ab9bb6a4e5e66ae9d2325ac.pdf?\\_ga=2.141664882.1709643985.1597330733-888206771.1597330733](https://pdfs.semanticscholar.org/dd5e/457750cb12c29ab9bb6a4e5e66ae9d2325ac.pdf?_ga=2.141664882.1709643985.1597330733-888206771.1597330733) (accessed 15.10.2023).
- Gunasekaran M. & Ramaswami K.S. A fusion model integrating ANFIS and artificial immune algorithm for forecasting Indian stock market. *Journal of Applied Sciences*, 2011, 11, 16, pp. 3028-3033.
- Klein L.R., Goldberger A.S. An econometric model of the United States, 1929-1952, Amsterdam, 1955.
- Kolmakov I.B. Fundamentals of modeling. Simulation macromodels of the market economy, Moscow, Plekhanov Russian University of Economics, 1995, 203 p. (In Russ.).
- Makarov V.L., Aivazyazyan S.A., Borisova S.V. et al. Econometric model of the Russian economy for short-term forecasting and scenario analysis, Moscow, Central Institute of Economics and Mathematics of the Russian Academy of Sciences, 2001. (In Russ.).
- Sivolap N.N. Forecasting of key indicators in the social sphere of the region. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*, 2007, (7). (In Russ.).
- Turuntseva M.Yu. & Kiblitkaya T. Qualitative properties of different approaches to forecasting social and economic indicators of the Russian Federation, Moscow, Gaidar Institute for Economic Policy, 2010, 148 p. (In Russ.).
- Kitova O., Savinova V., Dyakonova L. & Kitov V. Development of hybrid models and a system for forecasting the indicators of the Russian economy. *Espacios*. 2019. Vol. 40, (10), pp. 18-24.
- Kitova O.V., Kolmakov I.B., Dyakonova L.P., Grishina O.A., Danko T.P. & Sekerin V.D. Hybrid intelligent system of forecasting of the socio-economic development of the country. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 2016, Vol. 14, (9), pp. 5755-5766.
- Kitova O.V., Dyakonova L.P., Kitov V.A. et al. Application of neural networks for forecasting social and economic time series. *Russian Economic Bulletin*, 2020, Vol. 3, (5), pp. 188-201. (In Russ.). <http://dgpj-journals.ru/archives/11494>.
- Kitova O., Dyakonova L., Kitov V. et al. Digital service for scenario forecasting of socio-economic indicators of entrepreneurial activity of Russia. *Academy of Entrepreneurship Journal*, 2020, Vol. 26, (4), pp. 1-7. Available at: <https://www.abacademies.org/articles/digital-service-for-scenario-forecasting-of-socioeconomic-indicators-of-entrepreneurial-activity-of-russia-9647.html> (accessed 15.10.2023).
- Kitova O.V. & Savinova V.M. Structure and information and logical scheme of the economic time series forecasting system "SGM Horizon". *Modern Economy Success*, 2020, (5), pp. 190-197. (In Russ.). <https://mes-journal.ru/archives/10320>.
- Bank of Russia. Guidelines for the Single State Monetary Policy for 2023 and the period of 2024 and 2025, Moscow, 2022. [Electronic resource]. Available at: [http://www.cbr.ru/about\\_br/publ/ondkp](http://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkp) (accessed 15.10.2023).
- On the Strategy for the Development of Tourism in the Russian Federation for the period until 2035: Order of the Government of the Russian Federation as of September 20, 2019, No. 2129-r. [Electronic resource]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201909230010> (accessed 15.10.2023).
- Tourism and Hospitality Industry National Project. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. [Electronic resource]. Available at: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/turizm/nacionalnyy\\_proekt\\_turizm\\_i\\_industriya\\_gostepriimstva/](https://www.economy.gov.ru/material/directions/turizm/nacionalnyy_proekt_turizm_i_industriya_gostepriimstva/) (accessed 15.10.2023).

### Acknowledgements

This research was carried out within the framework of the state assignment for research activities of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation entitled "Models, methods and algorithms of artificial intelligence in economic problems for analysis and stylization of multivariate data, forecasting of time series and design of recommendation systems", Project No. FSSW-2023-0004

### For citation

Kitova O.V., Savinova V.M., Dyakonova L.P. & Bondarenko Yu.O. Forecasting tourism indicators in regions with coal mining: analysis of opportunities using the Horizon information analytical system. *Ugol*, 2023, (11), pp. 88-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-88-95.

### Paper info

Received September 18, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

# Процесс развития технологий обогащения угля в России и за рубежом\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-96-101>

## ПРОКОПЬЕВ С.А.

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

## АЛЕКСЕЕВА О.Л.

Ведущий инженер ИЗК СО РАН, директор  
по экономике и финансам  
ООО НПК «Спирит»,  
664033, г. Иркутск, Россия,  
e-mail: [aol@spirit-irk.ru](mailto:aol@spirit-irk.ru)

## САВОН Д.Ю.

Доктор экон. наук, профессор  
кафедры «Экономика», НИТУ «МИСИС»,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: [di199@yandex.ru](mailto:di199@yandex.ru)

## КОСТЮХИН Ю.Ю.

Доктор экон. наук,  
профессор, заведующий  
кафедрой «Промышленный  
менеджмент», НИТУ «МИСиС»,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: [kostuhinyury@mail.ru](mailto:kostuhinyury@mail.ru)

В статье обоснована важность применения различных методов обогащения угля, которые позволяют получать высококачественные коксующиеся и энергетические угли, способствующие повышению качества угольного сырья на современном этапе, увеличивая востребованность их как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Выявлено, что не все представленные современные методы обогащения угля применимы для утилизации отходов угольного производства. Проведенный анализ позволяет утверждать, что российским обогатительным фабрикам нужно уделить внимание модернизации мощностей по обогащению и сортировке угля на обогатительном оборудовании отечественного производства. В связи с этим для уменьшения объемов гидроотвалов с целью продления их эксплуатационного срока и снижения экологической нагрузки на окружающую среду и для получения дополнительного товарного продукта необходимы специальные технологии, заключающие в себе экологически чистые способы обогащения техногенного сырья.

**Ключевые слова:** технологии обогащения угля, утилизация отходов, переработка угля, обогатительные фабрики, техногенное сырье, коксующиеся угли.

**Для цитирования:** Процесс развития технологий обогащения угля в России и за рубежом / С.А. Прокопьев, О.Л. Алексеева, Д.Ю. Савон и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 96-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-96-101.

## ВВЕДЕНИЕ

Обогащение угля остается одной из важных задач современной энергетической отрасли. Обогащение угля производится с целью улучшения качества, уменьшения содержания различных пустых пород и примесей и создания качественного сырья. В структуре мирового потребления топливно-энергетических ресурсов доля угля на современном этапе составляет 29%. Основной центр потребления угольной продукции находится в Китае – 3,8 млрд т (или 49% от общего потребления угля) и Индии – 0,95 млрд т (или 12%). Среди других крупнейших потребителей угля можно выделить США – 0,8 млрд т (10%) и Евросоюз – 0,73 млрд т (более 9%). Сегодня в России обогащается практически весь уголь для коксования (97%) и 40% добываемого каменного энергетического угля [1, 2, 3]. При этом основным стимулирующим фактором является экспорт угля, и текущие темпы роста объемов обогащения энергетических углей соответствуют приросту спроса на эти угли на международных угольных рынках. Согласно Программе развития обогащения каменного энергетического угля России к 2030 г. объ-



\* Работы выполнены в рамках КНТП Министерства науки и высшего образования РФ № 075-15-2022-1192 «Переработка хвостов угольных обогатительных фабрик с целью получения товарного угольного концентрата».



емы обогащения угля вырастут до 345 млн т (рост против уровня 2015 г. в 1,9 раза). Будут обновлены все 100% производственных мощностей обогатительных фабрик, введенных в прошлом веке. Охват обогащением каменных энергетических углей достигнет 85%, в пять раз вырастет производительность труда на обогатительных фабриках. Рассматривая географию размещения обогатительных мощностей, следует отметить, что уже сегодня подвергается обогащению 85% всех добываемых углей в Печорском бассейне, 68% – в Ростовской области, 60% – в Якутии и Хакасии, 55% – в Кузбассе. Становится правилом первоочередное строительство обогатительных фабрик при создании новых центров добычи на востоке страны [4, 5].

Объем обогащаемого угля увеличился в 2011-2022 гг. на 54,4%, о чем свидетельствуют данные, представленные на рисунке.

В 2021 г. объем переработки угля на обогатительных фабриках России составил 211,0 млн т и увеличился по сравнению с 2020 г. на 7,6 млн т, или на 3,7%. Объем обогащения энергетического угля в 2021 г. увеличился по сравнению с 2011 годом на 54,4 млн т, или на 89,3%, коксующегося угля – на 27,4 млн т, или на 40,1%. В 2022 г. переработано угля 200,4 млн т, что по сравнению с 2021 г. снизилось на 10,6 млн т, или на 5,0%. В связи с этим произошло снижение по объему обогащения энергетического угля на 4,4 млн т, или на 3,8%, коксующегося угля – на 6,2 млн т, или на 6,5%. За исследуемый период в структуре объема обогащения угля изменений не наблюдалась. Доля объема обогащения энергетического угля в общем объеме переработки угля варьирует от 53 до 55,4%. При добыче угля в 2022 г. 443,5 млн т переработка угля составила 45,1%, что по сравнению с 2021 г. меньше на 2,8% (47,9% при добыче 442,3 млн т в 2021 г.). В 2021 г. добыто коксующегося угля 102,3 млн т, обогащено коксующегося угля 93,6%, при добыче энергетического угля 340,0 млн т обогащено 33,9%. В 2022 году добыто коксующегося угля 115,1 млн т, обогащено коксующегося угля 77,8%, при добыче энергетического угля 328,4 млн т обогащено 33,8%.

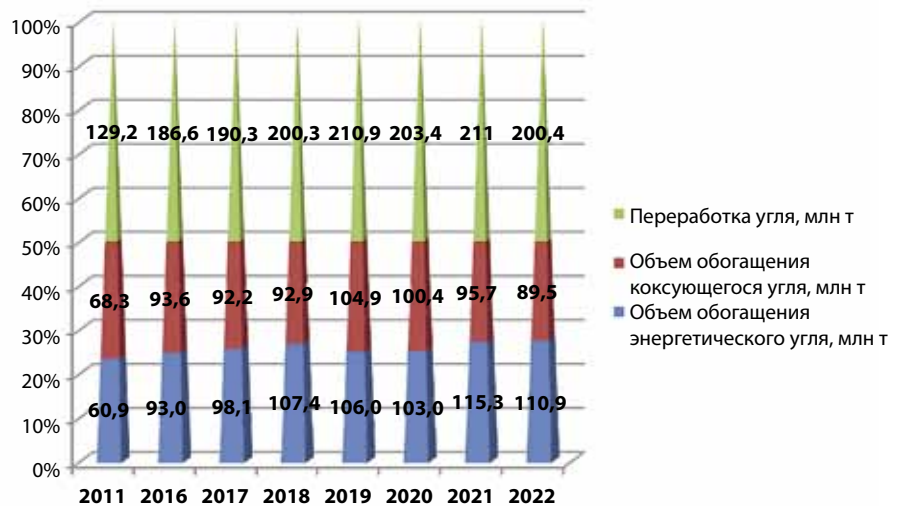
Повышение качества угольного сырья на современном этапе возможно только с применением методов обогащения, которые позволяют получать высококачественные коксующиеся и энергетические угли, востребованные как на внутреннем, так и на внешнем рынках [6, 7]. Активно идет модернизация мощностей по обогащению и сортировке угля. Только за последние 15 лет в России введено в эксплуатацию 27 новых обогатительных фабрик, реконструировано 20 фабрик. В ближайшие 10 лет угольные компании намерены построить более 30 новых углеобогатительных предприятий с оснащением их современным высокопроизводительным оборудованием.

В соответствии с утвержденной Правительством РФ «Программой развития угольной промышленности России на период до 2030 года» заложены обогатительные мощности на новых месторождениях (Эльгинском, Инаглинском, Денисовском) в Якутии (в конце мая 2023 г. введена в строй первая обогатительная фабрика на Инаглинском ГОКе). Построена новая ОФ «Чегдомынская» в Хабаровском крае на Ургальском месторождении, действует крупнейшая ОФ «Тугнуйская» в Забайкальском крае. Предусматривается строительство мощностей по обогащению 15 млн т угля в Республике Тыва (на Элегестском, Межегейском месторождениях) [8, 9, 10].

К сожалению, сегодня оснащение новых фабрик на 89-90% осущест-

**ПРОКОПЬЕВ Е.С.**

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



Динамика переработки и обогащения угля на обогатительных фабриках в России, млн т

Dynamics of coal processing and preparation at coal preparation plants in Russia, mln tons



вляется импортным оборудованием, производимым прежде всего компаниями из США, а также из Германии, Австрии, Австралии, Великобритании, Испании, Канады, Швеции и ЮАР.

Поэтому, используя механизм государственно-частного партнерства, необходимо создавать совместные предприятия, позволяющие значительно наращивать мощности по производству углеобогащающего оборудования в отечественном машиностроительном комплексе. Это позволит повысить конкурентоспособность отечественных предприятий.

### ПРОЦЕСС ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

Важным показателем, определяющим оптимальную схему обогащения угля, является его обогатимость, которая характеризует способность добытого угля к разделению на продукты различного качества. В зависимости от значения показателя обогатимости каменные угли и антрациты делят на четыре категории: от легкой (показатель обогатимости < 5%) до очень трудной (показатель обогатимости > 15%).

В зависимости от обогатимости угля, добытого на определенном месторождении, применяют различные методы обогащения (см. таблицу).

#### Основные способы обогащения угля и их применимость [11]

##### Main coal preparation methods and their applicability

Способ обогащения	Применимость способа
Гравитационное обогащение сухим способом	Легкообогатимый уголь с малой крупностью кусков (до 80 мм) и 3–5% внешней влаги
Гравитационное обогащение мокрым способом	Все виды угля
Отсадка	Легкообогатимый уголь
Обогащение в тяжелых средах	Труднообогатимый уголь
Флотация	Угольный шлам (< 0,5 мм)

В настоящее время для обогащения угля используют следующие основные методы обогащения углей: гравитационный, флотационный. Каждый из этих методов включает ряд процессов, основанных на общих физических и физико-химических свойствах, по которым производится разделение материала, и отличающихся друг от друга использованием дополнительных разделяющих сил и соответствующих конструкций машин и аппаратов.

Гравитационные методы обогащения занимают ведущее место среди других методов в практике переработки добытого угля и накопленных углесодержащих шламовых отходов в гидроотвалах, шламоотстойниках. Для переработки угольных шламов гравитационным методом обогащения наибольшее распространение получили: отсадка, обогащение в тяжелых средах, технология винтовой сепарации, гидросайзеры.

Чаще всего на углеобогащающих фабриках применяют мокрую отсадку, так как она дает наилучшие качественно-количественные результаты. Традиционно после грохочения и отделения шлама уголь крупный 10(12)–50(80) мм и мелкий уголь 0,5–10(12) мм поступает на обогащение в

отсадочных машинах. Шламы коксующихся и энергетических углей легкой, средней и трудной обогатимости крупностью 0,15–3,0 мм обогащаются при помощи воздушно-золотниковой (беспоршневой) отсадочной машины. Преимущество данного метода в достаточно высокой производительности и относительно низкой энергоемкости. Существенным недостатком отсадочных машин при обогащении угольных шламов является низкая эффективность обогащения тонких шламов [12, 13].

Одним из распространенных методов в углеобогащающей отрасли является обогащение в тяжелых средах. Это обусловлено высокой технологической эффективностью этого процесса. В настоящее время обогащение в тяжелых средах находит все более широкое распространение и для обогащения труднообогатимых углей мелких классов. Для разделения мелкого угля по плотности в центробежном поле используют тяжелосредные гидроциклоны. К достоинствам применения технологии обогащения углей в тяжелосредных гидроциклонах можно отнести: достаточно высокую точность разделения, эффективное обогащение углей трудной и очень трудной обогатимости, высокую точность регулирования плотности разделения. К недостаткам: относительно высокие эксплуатационные затраты (главным образом на электроэнергию и магнетит), необходимость регенерации магнетитовой суспензии, что усложняет технологическую схему [14].

Гидросайзеры успешно используются за рубежом более 20 лет. Свое применение они нашли в извлечении угольной мелочи из отвалов пустой породы, а также угольной мелочи, образуемой при высокомеханизированных методах угледобычи. В России на настоящий момент известно, что на обогатительной фабрике «Распадская» ввели в эксплуатацию новое оборудование – гидросайзер. Представленное оборудование способствует обогащению мелкого угля размером 0,15–2 мм и позволяет получить дополнительный концентрат. Достоинство данного оборудования заключается в возможности обогащения углей по низкой плотности разделения менее 1500 кг/м<sup>3</sup>, в автоматическом регулировании плотности разделения, а также в относительно высокой удельной производительности. Недостатки: высокая стоимость оборудования, низкая эффективность обогащения углей трудной обогатимости, потребность в чистой оборотной воде для обеспечения процесса обогащения, узкий класс крупности частиц, эффективно обогащаемых в одном аппарате.

Винтовые сепараторы являются популярным гравитационным оборудованием в области обогащения угольных шламов. Нижний предел крупности питания винтовых сепараторов для угля находится в пределах 0,1–0,15 мм, что дает возможность существенно снизить нагрузку на дорогостоящий и экологически напряженный процесс флотации. В последние годы в России в процессах обогащения угольных зернистых шламов крупностью 0,15(0,2)–1,0(3) мм успешно используются установки из классифицирующего гидроциклона и винтовых сепараторов. Достоинства данного метода: визуальное наблюдение процесса, отсутствие движущихся частиц, регулирование процесса без остановки, энергосбережение и экологичность. К недостаткам винтовых аппаратов при обога-

щении угольных шламов можно отнести снижение эффективности обогащения частиц крупностью менее 0,15 мм, относительно невысокую удельную производительность на единицу занимаемой площади по питанию [15].

Флотация углей – наиболее эффективный и практически единственный метод обогащения угольных шламов. Пенная флотация получила всеобщее признание и промышленное распространение. Эффективность флотационного обогащения зависит не только от аппаратного оформления, но и от применяемых флотационных реагентов. Несмотря на то, что уголь относится к неполярным минералам с высокой естественной гидрофобностью, для его эффективного флотационного обогащения необходимо использование флотореагентов – собирателей, пенообразователей либо комплексных флотореагентов. Оптимальной крупностью зерен угля в питании флотации считается размер до 0,5 мм, причем наилучшей флотируемостью обладают частицы класса 0,08-0,3 мм. Достоинство представленного метода в высокой эффективности разделения, недостатки – высокие эксплуатационные затраты, расходование реагентов легко вызывает загрязнение окружающей среды [16].

Проведенный анализ современных методов обогащения углей показал, что повысить эффективность обогащения угля можно с помощью интенсификации процесса флотации. Основными направлениями в данной области могут служить поиски селективных флотационных реагентов и разработка на их основе новых реагентных режимов, которые позволят повысить технико-экономические показатели процесса.

Группа компаний «Миррико» внедряет новые флотореагенты UnicoITM марок «С» и «F» на спиртовой основе для флотации угольных шламов. Флотореагент UnicoITM марки «С» обладает более выраженным свойством собирателя. Флотореагент UnicoITM марки «F» обладает более выраженным свойством вспенивателя. При совместном использовании флотореагентов UnicoITM марок «С» и «F» достигается выраженный синергетический эффект. Флотореагенты UnicoITM флотируют все известные виды углей: газовые, жирные, коксовые, тощие, а также антрациты, образуют стабильную пену, которая хорошо обезвоживается, действуют селективно во всем спектре размеров частиц в пульпе. Разработаны реагенты для флотации труднообогащаемого и высокозольного угля с высоким содержанием фузеновых элементов. Полученные реагенты удовлетворяют требованиям технологического процесса, обеспечивают безопасность флотационного процесса, повышают скорость флотации, производят качественные концентраты.

Существуют схема и оборудование фирмы Iris (США) для микрофлотации углей в промышленных масштабах на колоннах большого диаметра. Известны работы по применению вакуумной флотации, электрофлотации, флотации с носителем, где в роли носителя применяются более крупные частицы. Проблема экономичного обогащения угольных шламов до «нуля» была решена на ОФ «Распадская» с помощью метода их селективной флокуляции. Институтом «Сибнииглеобогащение» разработана технологическая схема для обогащения коксующихся и энергетических марок углей, которая базируется на применение флотаци-

онных машин пневматического типа «Пневнофлот» и механического – «Флотомодерн». Данная технология прошла испытания на обогатительных фабриках Кузнецкого бассейна. Флотация StackCell™ – новая технология для тонкого извлечения угля. Она была разработана как альтернатива к традиционным и к колонным флотационным машинам. Запатентован способ обогащения угольного шлама и угля, включающий масляную агломерацию угольных частиц при перемешивании суспензии вращающейся мешалкой в течение 2-3 мин, отличается тем, что происходит интенсивное смешивание угольного шлама или угля и воды со скоростью вращения мешалки 1000-1500 об./мин, при этом добавляют масляный реагент-собиратель в количестве 8-10% от массы угольных частиц, смесь перемешивают еще в течение 5-8 мин со скоростью 1000-1500 об./мин, постепенно с интервалом 1-2 мин увеличивая скорость вращения мешалки до 4000 об./мин.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по сущности и достигаемому результату является способ обогащения угольных шламов, который включает операцию селективной масляной агломерации угольных частиц при перемешивании суспензии вращающейся мешалкой в течение 2-3 мин.

Известен способ обогащения угля, который включает измельчение, смешивание водно-угольной суспензии с агломерирующими агентами и дополнительным введением вспенивателя. Флотация отличается тем, что измельченное сырье подвергают грохочению с выделением крупных и мелких классов, крупные классы обогащают гравитационными процессами с получением концентратов, которые отправляют на дальнейшую переработку, и хвостов, которые отправляют в отвал. Мелкие классы смешивают с водой с получением водно-угольной суспензии, в которую вводят агломерирующие агенты, в качестве которых используют собиратель из смеси углеводорода овациклического и ароматического типов нефтяного происхождения (расход – от 2400 до 2600 г/т), депрессора – жидкого стекла (расход – от 500 до 600 г/т), вспенивателя – реагент Montanol 800 (расход – от 190 до 210 г/т). Далее проводят аэрацию водно-угольной суспензии и затем ее обогащают флотацией в центробежном поле с получением угольного концентрата, который отправляют на дальнейшую переработку, и отвальных хвостов.

Запатентован способ обогащения угля, который включает флокуляцию пульпы, кондиционирование с последовательным введением в пульпу собирателя и вспенивателя и выделение горючей массы в концентрат. Перед флокуляцией предварительно смешивают анионный сополимер акриламида с акрилатом натрия и натриевую соль карбоксиметилатов оксиэтилированного изононилфенола общей формулы  $C_9H_{19}-C_6H_4-O-(C_2H_4O)_n-COONa$ , где  $n = 10-12$ , в соотношении 20:1, после чего полученную смесь вводят в пульпу в количестве 33-42 г/т угля.

Также современные технологии рассматривают сухие методы обогащения, которые подразумевают использование аэросуспензий для тех стран и регионов, где остро ощущается нехватка воды. Запатентован способ переработки рядового угля, включающий процесс его избирательного дробления, предварительное разделение на низ-

козольные и высококозольные классы. После предварительного выделения на грохотах угля с пониженным содержанием золы его подвергают разделению по крупности и плотности на высококозольные и низкокозольные классы с помощью струйного пневмокласификатора с последующей отгрузкой низкокозольного угля (концентрата) потребителю. Корейский институт геологии и минеральных ресурсов предложил «сухой» способ обогащения угля. Извлекаемая на поверхность масса сперва измельчается в специальных аппаратах-грохотах, после чего измельченная порода подвергается сильному воздействию направленной воздушной струи (пневматический метод) или сортируется на специальных вибростендах, в процессе чего очищенный уголь собирается с одной стороны, а примеся – с другой (установка KAT-Table).

Новая область для исследования – сепарация в интенсивном или сильном магнитном поле. Разработки проводятся в «Сала Магнетикс» (Кембридж, Массачусетс) и Национальной лаборатории (Окридж, Теннесси, США). Методы предварительного сухого обогащения предлагает южноафриканская компания Osborn Engineered Products. На новосибирском предприятии «Гормашэкспорт» разработана, внедрена в серийное производство и доведена до коммерческого использования установка «СЕПАИР®». В настоящее время эта технология является уникальной в своей области и не имеет аналогов в мире. Компания «SUN Energy» совместно с российскими партнерами применяет в ТЭС уникальную технологию сухого обогащения угля.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ современных методов обогащения углей и уровня развития в России и за рубежом показал, что практически все представленные методы современной технологии обогащения угля являются энергозатратными и дорогостоящими, а разработанные и запатентованные флотационные технологии требуют повышенного потребления необходимых реагентов, технически сложные и при этом оказывают негативное влияние на окружающую среду. Также не все методы применимы для утилизации отходов угольного производства. В связи с этим для уменьшения объемов гидроотвалов с целью продления их эксплуатационного срока и снижения экологической нагрузки на окружающую среду и для получения дополнительного товарного продукта необходимы специальные технологии, заключающие в себе экологически чистые способы обогащения техногенного сырья.

Породы, добываемые попутно с углем, после их обогащения, а также отходы обогащения углеобогажительных фабрик могут быть использованы для производства цемента, при изготовлении кирпича и для других целей. Из сернистых углей наряду с получением концентратов для энергетических нужд может быть удалено более 40% серы, содержащейся в них в виде углистого серного колчедана, вполне пригодного для получения серной кислоты. Из бурых углей могут быть выделены и после обогащения получены высококачественные каолины для фарфоро-фаянсового производства, огнеупоры и формовочные пески.

Таким образом, угольная промышленность может значительно повысить свои экономические показатели при

рациональном использовании не только горючей массы угля, но и сопутствующих ей минералов. Научные исследования по совершенствованию различных методов обогащения угля, несомненно, обеспечат дальнейшее значительное развитие технологии и техники в этой важной отрасли угольной промышленности.

### Список литературы

1. Современные тенденции развития угольной промышленности с учетом влияния пандемии / А.М. Лялин, А.В. Зозуля, Т.Н. Еремина и др. // Уголь. 2021. № 5. С. 62–65. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Чернова О.А. Стрессовые факторы устойчивого развития угольной промышленности России // Journal of Applied Economic Research. 2022. № 1. С. 49–78. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.
3. Краснянский Г.Л., Сарычев А.Е. Влияние пандемии COVID-19 на мировой рынок энергетического угля // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. № 12. С. 147–152. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2020.12.05.017.
4. Новоселов С.В., Мельник В.В., Агафонов В.В. Экспортно ориентированная стратегия развития угольных компаний России – основной фактор обеспечения их финансовой устойчивости // Уголь. 2017. № 11. С. 54–56. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112017pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
5. Новоселов С.В. Альтернативные подходы и дискуссионные вопросы при проектировании шахт нового поколения уровня 2035 года // Уголь. 2019. № 1. С. 37–39. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/012019pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Усольцева И.О., Передерин Ю.В., Крайденко Р.И. Обогащение углей: современное состояние технологий // Ползуновский вестник. 2017. № 3. С. 131–137.
7. Малышев Ю., Ковальчук А., Рожков А. Угольная отрасль: поиск ориентиров в эпоху перемен // Энергетическая политика. 2021. № 2. С. 18–29. DOI: 10.46920/2409-5516-2021-2156-18.
8. Угольная промышленность районов Крайнего Севера: специфические особенности, текущее положение и концепция развития / М.С. Гончаров, Д.Ю. Савон, А.Е. Сафронов и др. // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 1. С. 95–107. DOI: 10.37614/2220-802X.1.2023.79.006.
9. Modern conditions and prospects of Russia's coal mining industry development / V. Samarina, T. Skufina, A. Samarin et al. // Espacios. 2019. Vol. 40. No. 16, pp. 6.
10. Влияние кризиса на финансовый результат деятельности угольной отрасли / Д.Ю. Савон, А.Е. Сафронов, Н.О. Вихрова и др. // Уголь. 2022. № 11. С. 62–68. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-62-68.
11. ИТС 37–2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Добыча и обогащение угля.
12. Прокопьев С.А. Обзор гравитационных технологий обогащения угольных шламов // Науки о Земле и недропользование. 2022;45(4): С. 458–468. DOI: 10.21285/2686-9993-2022-45-4-458-468.
13. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А. Парижское соглашение по климату, Covid-19 и водородная энергетика – новые реалии добычи и потребления угля в странах ЕС и Азии в период до 2040 года // Горная промышленность. 2021. № 1. С. 83–90. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-83-90.
14. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Ershova I.G. Modelling of energy efficiency factors of petrochemical industry // International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. No 10. P. 465–470. DOI: 10.32479/ijeep.9396.



15. Самарина В.П., Скуфьина Т.П., Савон Д.Ю. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения // Уголь. 2021. № 7. С. 20-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.
16. Campbell B. Corporate influence and the global pandemic – reflections from the mining sector. *Revista Brasileira de Política Internacional*. 2022. Vol. 65. No. 1. e001. DOI: 10.1590/0034-7329202200101.

Original Paper

UDC 332.365:622.7 © S.A. Prokopyev, O.L. Alekseeva, D.Yu. Savon, Yu.Yu. Kostyukhin, E.S. Prokopyev, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 96-101  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-96-101>

**Title**  
**THE PROCESS OF DEVELOPING COAL ENRICHMENT TECHNOLOGIES IN RUSSIA AND ABROAD**

**Authors**

Prokopyev S.A.<sup>1,2</sup>, Alekseeva O.L.<sup>1,2</sup>, Savon D.Yu.<sup>3</sup>, Kostyukhin Yu.Yu.<sup>3</sup>, Prokopyev E.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Russian Federation

<sup>2</sup> NPK LLC "Spirt", 664033, Irkutsk, Russian Federation

<sup>3</sup> National Research University of Science and Technology (MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

**Authors information**

**Prokopyev S.A.**, PhD (Engineering), Head of the Department of Complex Utilization of Mineral Raw Materials, General Director, e-mail: [psa@spirit-irk.ru](mailto:psa@spirit-irk.ru)

**Alekseeva O.L.**, Leading Engineer, Director for Economics and Finance, e-mail: [aol@spirit-irk.ru](mailto:aol@spirit-irk.ru)

**Savon D.Yu.**, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economy, e-mail: [di199@yandex.ru](mailto:di199@yandex.ru)

**Kostyukhin Yu.Yu.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Management, e-mail: [kostuhinyury@mail.ru](mailto:kostuhinyury@mail.ru)

**Prokopyev E.S.**, Junior Researcher, Director for Technology and Innovation, e-mail: [pes@spirit-irk.ru](mailto:pes@spirit-irk.ru)

**Abstract**

The article substantiates the importance of using coal enrichment methods, which allow you to obtain high-quality coking and energy coals that contribute to the improvement of the quality of coal raw materials at the present stage, increasing their demand, both in the domestic and foreign markets. It was revealed that not all the methods presented by modern technology of coal enrichment are applicable for the disposal of coal production waste. The analysis allows us to argue that Russian enrichment factories must pay attention to the modernization of capacities for the enrichment and sorting of coal for carbon enrichment equipment of domestic production. In this regard, in order to reduce the volume of hydraulic explosives in order to extend their operational period and reduce the environmental load on the environment and to obtain an additional commodity product, special technologies are needed that contain environmentally friendly methods of enriching technogenic raw materials. The authors are invited to use the unique technology of dry enrichment of coal, which is currently used by Sun Energy together with Russian partners.

**Keywords**

Technologies for enriching coal, Waste disposal, Coal processing, Enrichment factories, Technogenic raw materials, Coking coals.

**References**

1. Lyalin A.M., Zozulya A.V., Eremina T.N. & Zozulya P.V. Current trends in the development of the coal industry, taking into account the impact of the pandemic. *Ugol'*, 2021, (5), pp. 62-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Chernova O.A. Stress factors of sustainable development of the Russian coal industry. *Journal of Applied Economic Research*, 2022, (1), pp. 49-78. (In Russ.). DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.
3. Krasnyansky G.L. & Sarychev A.E. Impact of the COVID-19 pandemic on the global energy coal market. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2020, (12), pp. 147-152. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2020.12.05.017.
4. Novoselov S.V., Melnik V.V. & Agafonov V.V. Export-oriented development strategy of the coal companies of Russia – the main factor ensuring their financial stability. *Ugol'*, 2017, (11), pp. 54-56. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112017pdf> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
5. Alternative approaches and controversial issues in the design of new mines generation level 2035. *Ugol'*, 2019, (1), pp. 37-39. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/012019pdf> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

6. Usoltseva I.O., Perederin Yu.V. & Kraydenko R.I. Coal enrichment: current technological state. *Polzunovskij vestnik*, 2017, (3), pp. 131-137. (In Russ.).

7. Malyshev Yu., Kovalchuk A. & Rozhkov A. Coal industry: search for reference points in the times of change. *Energeticheskaya politika*, 2021, (2), pp. 18-29. (In Russ.). DOI: 10.46920/2409-5516-2021-2156-18.

8. Goncharov M.S., Savon D.Yu., Safronov A.E. et al. The coal industry in the Far North: distinctive features, current status and a development concept. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka*, 2023, (1), pp. 95-107. (In Russ.). DOI: 10.37614/2220-802X.1.2023.79.006.

9. Samarina V., Skufina T., Samarin A. & Ushakov D. Modern conditions and prospects of Russia's coal mining industry development. *Espacios*, 2019, Vol. 40, (16), pp. 6.

10. Savon D.Yu., Safronov A.E., Vikhrova N.O., Kruzhkova G.V. & Goncharov M.S. Impact of the crisis on the financial performance of the coal industry. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 62-68. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-62-68.

11. ITS 37–2017. Information and technical reference book on the best available technologies. Coal mining and preparation. (In Russ.).

12. Prokopyev S.A. Overview of coal sludge gravity concentration technologies. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie*, 2022;45(4): pp. 458-468. (In Russ.). DOI: 10.21285/2686-9993-2022-45-4-458-468.

13. Plakitkina L.S. & Plakitkin Yu.A. Paris Agreement on Climate Change, Covid-19 and Hydrogen Energy – New Realities of Coal Mining and Consumption in the EU and Asia in the Period until 2040. *Gornaya promyshlennost'*, 2021, (1), pp. 83-90. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-83-90.

14. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S. & Ershova I.G. Modelling of energy efficiency factors of petrochemical industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2020, (10), pp. 465-470. DOI: 10.32479/ijeep.9396.

15. Samarina V.P., Skufina T.P. & Savon D.Yu. Comprehensive assessment of sustainable development of mining and metallurgical holdings: problems and mechanisms of their resolution. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 20-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.

16. Campbell B. Corporate influence and the global pandemic – reflections from the mining sector. *Revista Brasileira de Política Internacional*, 2022, Vol. 65, (1), e001. DOI: 10.1590/0034-7329202200101.

**Acknowledgements**

The work was founded by Integrated scientific and technical program of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 075-15-2022-1192 «Treatment of tailings of coal processing plants in order to obtain commercial coal concentrate».

**For citation**

Prokopyev S.A., Alekseeva O.L., Savon D.Yu., Kostyukhin Yu.Yu. & Prokopyev E.S. The process of developing coal enrichment technologies in Russia and abroad. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 96-101. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-96-101.

**Paper info**

Received August 15, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023



# Получение пекоподобного продукта из каменного угля терморастворением в смеси антраценовой фракции и тяжелой фракции жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-102-107>

## МАКАРЕВИЧ Е.А.

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

## ПАПИН А.В.

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

## ЧЕРКАСОВА Т.Г.

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

## НЕВЕДРОВ А.В.

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

Исследован способ получения пека из каменного угля терморастворением в смеси антраценовой фракции и тяжелой фракции жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий. Согласно данному способу массовое соотношение каменного угля к растворителю – 40/60% мас. при температуре в реакторе – 400°C, соотношение антраценовой фракции к тяжелой фракции жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий – 50/50% мас. Данный способ позволяет сократить энергетические затраты за счет упрощения технологии получения продуктов с заданными свойствами, повысить безопасность производства и экологическую безопасность путем снижения содержания соединений высокой степени экологической опасности, включая бенз(а)пирен.

**Ключевые слова:** каменный уголь, антраценовая фракция, жидкая фракция пиролиза, резинотехнические изделия (РТИ), пек, терморастворение.

**Для цитирования:** Получение пекоподобного продукта из каменного угля терморастворением в смеси антраценовой фракции и тяжелой фракции жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий / Е.А. Макаревич, А.В. Папин, Т.Г. Черкасова и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 102-107. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-102-107.

## ВВЕДЕНИЕ

Поиск новых путей увеличения ресурсов пека обусловлено возрастающим спросом на него, возникновением его дефицита и ростом стоимости. Каменноугольные пеки обладают повышенной экологической опасностью, так как содержат большое количество полициклических ароматических углеводородов (бенз(а)пирен и др.) [1, 2, 3, 4]. На алюминиевых предприятиях с самообжигающимися анодами, каменноугольный пек является основным источником их эмиссии [5]. Суммарная токсичность

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

пеков возрастает при повышении температуры размягчения и содержания веществ, не растворимых в толуоле [6].

Снижение экологической опасности способов получения пек-овых продуктов путем разработки альтернативных методов является весьма актуальной задачей [6, 7].

За рубежом замена каменноугольного пека тяжелыми нефтяными остатками, дистилляция которых позволяет получать нефтяной пек и гибридный нефтекаменноугольный пек при его смешивании с каменноугольным, является одним из главных направлений [8]. Чистый нефтяной пек имеет преимущество по сравнению с каменноугольным, так как содержит в три раза меньше бенз(а)пирена [9, 10]. Зарубежными компаниями разработана технология получения нефтяного пека со связующими свойствами, близкими к свойствам каменноугольного пека [11], который был использован для приготовления обожженных анодов [12].

В отечественной промышленности также применяется нефтяной пек [1, 13]. Пеки на основе тяжелых фракций и остатков нефтепереработки характеризуются более низкой конденсированностью и наличием большого числа алкильных цепочек в бензольных кольцах [14]. Низкий выход коксового остатка и небольшое содержание  $\alpha$ - и  $\alpha_1$ -фракций ухудшают связующие свойства нефтяных пек-ов и не позволяют получить качественную анодную массу. Повышенная вязкость, неудовлетворительное смачивание кокса, усадка, повышенное выделение летучих веществ усложняют использование, так как получаемые электроды имеют низкую плотность и механическую прочность, высокую газопроницаемость.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Полностью заменить каменноугольный пек нефтяным невозможно, но известны методы получения связующего пека электродного качества путем добавления к высокотемпературному каменноугольному пеку до 40% нефтяного пека [12, 15, 16].

Альтернативные связующие пеки получают путем низкотемпературного окисления антраценового масла [17]. Главными компонентами антраценовой фракции (фракции каменноугольной смолы, выкипающей в интервале температур 250–360°C) являются полициклические ароматические углеводороды, такие как фенантрен, антрацен, флуорантен и пирен. Сейчас это направление является также актуальным.

Связующий пек с коксовым остатком до 55% мас. и содержанием нерастворимых в толуоле веществ до 33% мас. получают комбинацией окисления кислородом воздуха и тепловой обработки окисленных продуктов. Обработка исходного антраценового масла с возвратом дистиллятов после каждого цикла позволяет получать пек с пониженным бенз(а)пиреновым эквивалентом. К достоинствам таких пек-ов относятся: низкое содержание сернистых и азотистых соединений, однородность состава, низкие температуры размягчения, хорошие электрические и экологические характеристики, высокая способность к графитизации, что благоприятно для производства широкого круга качественных, механически прочных углеродных материалов.

Термический крекинг антраценовой фракции при температуре 430–450°C позволяет получить пек с выходом 20–33,5% за счет образования высокомолекулярных ароматических соединений [18]. Отсутствие поперечно-сшитых молекулярных структур в таком пеке, в отличие от термоокисленного пека, определяет способность к образованию мезофазы и формированию игольчатого кокса.

### БОБРОВА И.В.

Учебный мастер кафедры Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: bobrovaiv@kuzstu.ru



Существует ряд способов терморастворения каменных углей с получением пекоподобных веществ. Растворение угля осуществляется путем его обработки ароматизированным растворителем при повышенном давлении и температуре, где с целью упрощения и улучшения технологии процесса в качестве растворителя используют смесь, взятую в разном массовом соотношении: уголь : растворитель [19].

Недостатком данного способа является многокомпонентность состава, что сказывается на сложности получения конечных продуктов с заданными свойствами.

Наиболее распространенным является способ получения каменноугольного пека из каменноугольной смолы, получаемой в процессе коксования каменных углей, путем применения стадии коксования каменного угля (температура коксования – 1050°C, период – 14-30 ч), при котором сначала получены продукты коксования: кокс, коксовый газ и каменноугольная смола. Последняя, в свою очередь, далее подвергается разгонке на фракции, после отгонки которых, остается остаток перегонки – каменноугольный пек [20].

Недостатками технологии являются многостадийность процесса получения каменноугольных пеков и усиленный контроль показателей технологического регламента производства коксования, несоблюдение которых приводит к повышению содержания в каменноугольном пеке соединений повышенной экологической опасности, включая бенз(а)пирен.

На сегодняшний день актуальными являются исследования в области решения энергетических затрат за счет упрощения технологии получения пеков с заданными свойствами, безопасности их получения, увеличения экологической безопасности путем снижения содержания соединений повышенной экологической опасности, включая бенз(а)пирен. С этой целью проводились исследования по получению пека из каменного угля терморастворением в смеси антраценовой фракции и тяжелой фракции жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий (исследования по поиску путей утилизации данного продукта пиролиза РТИ), соотношение каменного угля к растворителю – 50/50, 40/60, 30/70% мас. при температуре в реакторе – 400°C.

Эффективным растворителем, близким по химической природе к продуктам терморастворения, является антраценовая фракция каменноугольной смолы. Эффективность антраценового масла связана с присутствием активных доноров водорода (аценафтена, дигидроантрацена, флуорена и карбазола), переносчиков водорода (фенантрена, флуорантена) и соединений с сольватирующими свойствами (хинолина, индола). После проведения процесса полученный остаток, содержащий поликонденсированные ароматические углеводороды, может служить заменителем каменноугольного пека.

Однако выход антраценовой фракции из смолы составляет до 25% мас., что инициирует исследователей на поиск путей частичной или полной замены растворителя. В данной работе исследовалось терморастворение каменного угля марки Г и ГЖ в смеси: антраценовая фракция с тяжелой фракцией жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий в соотношении 50/50% мас.

В предлагаемом способе получения пека из каменного угля терморастворением в антраценовой фракции процесс проводится при температуре начала термического разложения угольного вещества (370-400°C). Образующиеся при этом свободные радикалы взаимодействуют с растворителем – смесью антраценовой фракции с тяжелой фракцией жидкого продукта пиролиза резинотехнических изделий, благодаря чему тормозятся вторичные реакции поликонденсации и накапливаются растворимые продукты реакции. Эффективность антраценовой фракции или ее смеси с другими реагентами связана с присутствием активных доноров водорода (аценафтена, дигидроантрацена, флуорена и карбазола), переносчиков водорода (фенантрена, флуорантена) и соединений с сольватирующими свойствами (хинолина, индола). После проведения процесса полученный остаток, содержащий поликонденсированные ароматические углеводороды, может служить заменителем каменноугольного пека.

Подготовка угля для процесса термического растворения в органических растворителях состоит из стадий измельчения и сушки. Измельчение исходного угля осуществляется до крупности его зерен < 1 мм. Измельченный уголь подвергается сушке в сушильном шкафу при температуре 105°C до содержания влаги менее 1,5% мас. Далее идет стадия приготовления углемасляной пасты. В предварительно взвешенный стакан загружается органический растворитель массой, установленной в соответствии с требуемым соотношением уголь % мас.: растворитель (50/50, 40/60, 30/70)% мас. Затем в стакан с растворителем постепенно добавляется при одновременном перемешивании расчетная масса подготовленной пробы угля. Полученная смесь тщательно перемешивается до однородного пастообразного состояния и затем взвешивается. Объем загрузки углемасляной пасты в стакане не должен превышать 60% об.

Для проведения процесса термического растворения взвешенный стакан с углемасляной пастой помещается в печь, предварительно загруженный в реактор. После этого включается нагрев печи до достижения заданной температуры (350-400°C). Давление в реакторе контролировалось манометром. С момента достижения в реакторе заданной температуры, регулируемой с помощью измерителя-регулятора, содержимое реактора выдерживалось при этой же температуре еще в течение одного часа под давлением выделяющихся летучих веществ (до 2,5-3 МПа) без подвода в реакционную систему дополнительных газов. За начало реакции принимается момент достижения заданной температуры с помощью термомпары в реакторе.

Во время процесса термического растворения фиксируются следующие параметры: скорость нагрева, максимальная температура, давление, время начала и окончания эксперимента, время выдержки при максимальной температуре.

По окончании процесса терморастворения (выдержки реакционной смеси в реакторе при заданной температуре в течение заданного времени) паровая фаза отводится через гидрозатвор. После охлаждения до 150±20°C стакан с пековым продуктом и остатками нерастворенного угля

Качество полученного пекоподобного продукта

Quality of the obtained pitch-like product

Марка угля	Параметры процесса терморастворения		Характеристика пекоподобного продукта					
	Соотношение (уголь / смесь антраценовой фракции с тяжелой фракцией пиролиза РТИ, % мас.)	Температура процесса, °С	B, %	Тразм, °С	A <sup>d</sup> , %	V <sup>a</sup> , %	α-фракция, %	α <sub>1</sub> -фракция, %
Г	30/70	370	70,3	70	1,5	74,0	38,8	5,7
		400	71,6	65	2,0	76,5	33,5	3,8
	40/60	370	73,1	125	1,9	56,9	39,5	5,7
		400	74,1	127	2,5	58,2	42,5	6,8
	50/50	370	82,6	135	2,0	65,5	42,8	5,6
		400	86,2	138	2,3	61,9	45,5	23,0
ГЖ	30/70	370	72,5	68	1,7	70,5	29,5	5,8
		400	73,5	69	1,8	72,5	26,8	4,5
	40/60	370	75,0	112	2,5	58,0	42,5	6,9
		400	75,8	124	3,0	58,1	57,0	26,0
	50/50	370	84,5	134	2,5	65,5	42,8	5,8
		400	86,0	139	2,3	61,8	44,8	23,2

извлекается из реактора, и дальнейшее его охлаждение производится на воздухе и/или в водной среде до постоянной температуры. После охлаждения стакан с его содержимым взвешивается на весах. По результатам взвешивания определялся выход пекового продукта вместе с остатками нерастворенного угля.

Для определения условий процесса термического растворения углей в органических растворителях проводится ряд экспериментов по определению влияния на выход и качество пекоподобного продукта параметров процесса: температуры процесса термического растворения и соотношения компонентов углемасляной пасты.

После определения массы образовавшегося пекоподобного продукта в смеси с остатками нерастворенного угля рассчитывался выход данного продукта (B, %) из исходной углемасляной пасты по формуле:

$$B = \frac{m_{\text{пр}}}{m_{\text{уп}}} \cdot 100\%,$$

где  $m_{\text{пр}}$  – масса пекоподобного продукта в смеси с остатками нерастворенного угля, г;  $m_{\text{уп}}$  – масса навески исходной углемасляной пасты, загруженной в стакан, г.

Полученный пекоподобный продукт подвергался исследованиям, направленным на определение следующих показателей его качества: температуры размягчения  $T_{\text{разм}}$ , зольности  $A^d$ , выхода летучих веществ  $V^a$ , содержания α-фракции (веществ, нерастворимых в толуоле), содержания α<sub>1</sub>-фракции (веществ, не растворимых в хинолине).

Результаты исследований представлены в *таблице*.

Из полученных результатов выявлены следующие зависимости: с увеличением содержания массовой доли угольного концентрата увеличиваются твердость и прочность массы от жидкого состояния (при массовом соотношении 20/80) до твердого-стекловидного (при массовом соотношении 50/50), однако при массовом соотношении 50/50 наблюдаются включения нерастворенных угольных частиц; с увеличением температуры в реакторе до 400°С не наблюдается четкого снижения зольности массы, выхода летучих веществ, а также содержания α-фракции (н/т) и α<sub>1</sub>-фракции (н/х).

Следует отметить, что также были проделаны эксперименты с теми же углями и такими же технологическими условиями и операциями по терморастворению этих углей только в антраценовой фракции. В итоге были получены результаты, очень близкие по значениям с представленными выше данными, что подтвердило целесообразность и возможность частичной замены части антраценовой фракции на тяжелую фракцию пиролиза РТИ.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, оптимальными условиями получения пекоподобного продукта на данном этапе являются: массовое соотношение уголь : растворитель – 40/60, температура в реакторе – 370°С, но с дополнительной стадией отделения нерастворенных угольных частиц.

Такой пек характеризуется наименьшей зольностью и может использоваться как спекающая добавка к шихте коксования (получение качественного кокса, применение трамбования шихты или другие способы окускования шихты).

Для достижения качества, соответствующего требованиям электродного пека, необходимо провести увеличение времени выдержки процесса терморастворения, а также обеззоливание пека.

С целью оценки канцерогенной опасности, для сравнения, определено содержание бенз(а)пирена в пеке, полученном традиционным методом, и в продукте терморастворения. Анализ проводился методом жидкостной хроматографии. Содержание бенз(а)пирена составило: пек каменноугольный (традиционный) – 6,500 мг/кг; пек терморастворения – 3,100 мг/кг.

**Список литературы**

1. Губанов С.А., Букка А.А., Иващенко Е.Ю. Технологические особенности производства каменноугольного пека из низкопиролизированных каменноугольных смол и варианты совершенствования процесса // Кокс и химия. 2017. № 11. С. 37-42.
2. Кузнецов П.Н., Перминов Н.В. Термическое растворение каменного угля в технических пастообразователях и их смесях // Кокс и химия. 2019. № 11. С. 16-23.



3. Mannweiler U.C., Perruchoud R.C. Reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in anodes by using petroleum pitch as binder material // *Light Metals*. 1997. P. 555-558.
4. Хайрутдинов И.Р. Опыт производства и применения нефтяных пеков. М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1994. 48 с.
5. Барнаков Ч.Н., Хохлова Г.П., Усов О.М. Возможности расширения сырьевой базы для получения связующего пека // *Кокс и химия*. 2019. № 10. С. 25-29.
6. Обзор рынка каменноугольной смолы в СНГ. 2019. [Электронный ресурс]. URL: [https://infomine.ru/files/catalog/185/file\\_185.pdf](https://infomine.ru/files/catalog/185/file_185.pdf) (дата обращения: 15.10.2023).
7. Угапьев А.А., Дошлов О.И. Нефтяной пек дезинтегрированный – альтернативное связующее для анодов нового поколения // *Вестник ИрГТУ*. 2013. № 6. С. 151-156.
8. Optimisation of the melt-spinning of anthracene oil-based pitch for isotropic carbon fibre preparation / Diez N., Alvarez P., Santamaria R. et al. // *Fuel Processing Technology*. 2012. Vol. 93. P. 99–104.
9. Formation of Surface Morphology in Polyacrylonitrile (ПАН) Fibers during Wet-Spinning / Yu Wang, Yuanjian Tong, Bowen Zhang et al. // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2018. Vol. 2. P. 52-57.
10. Казаков Л.К. Углеродные волокна. М.: Академия, 2011. 336 с.
11. Андрейков Е.И., Сафаров Л.Ф., Цаур А.Г. Получение нефтекаменноугольного пека совместной дистилляцией каменноугольной смолы и тяжелого газойля на смолоперерабатывающей установке АО «Губахинский кокс» // *Кокс и химия*. 2016. № 3. С. 59-64.
12. Сидоров О.Ф. Канцерогенная активность каменноугольных пеков в зависимости от технологии их получения // *Кокс и химия*. 2006. № 6. С. 36-40.
13. Маракушина Е.Н. Получение пеков и связующих веществ методом термического растворения углей: дис. канд. техн. наук. Красноярск, 2015. 137 с.
14. Ветошкина И.С., Солодов В.С., Васильева Е.В. Получение высокотехнологических продуктов из каменноугольной смолы // *Кокс и химия*. 2019. № 2. С. 51–54.
15. Мелешко А.И., Половников С.П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2007. 192 с.
16. Хайрутдинов И.Р., Ахметов М.М., Теляшев Э.Г. Состояние и перспективы развития производства кокса и пека из нефтяного сырья // *Российский химический журнал*. 2006. Т. L. № 1. С. 25-28.
17. Красникова О.В. Получение нефтекаменноугольных пеков совместной переработкой каменноугольной смолы и тяжелой смолы пиролиза: автореф. дис. канд. техн. наук. Уфа: ИОС им. И.Я. Постовского, 2013. 20 с. 18. Formulation, structure and properties of carbon anodes from coal tar pitch/ petroleum pitch blends / M. Perez, M. Granda, R. Santamaria et al. // *Light Metals*. 2003. Vol. 4. P. 495-501.
19. Багазеев В.К., Валиев Н.Г., Бойков И.С. Глубокая переработка углей // *Горный журнал*. 2012. № 1. С. 82–85.
20. Акимов А.В. Углеродные волокна и композиты: 2-е изд., перераб. и доп.: учебник для вузов. М.: Недра, 2014. 412 с.

Original Paper

UDC 661.666.2 © E.A. Makarevich, A.V. Papin, T.G. Cherkasova, A.V. Nevedrov, I.V. Bobrova, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 102-107  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-102-107>

**Title**  
**PRODUCTION OF PITCH-LIKE PRODUCTS FROM HARD COAL BY THERMAL DISSOLUTION IN A MIXTURE OF ANTHRACENE FRACTION AND HEAVY FRACTION OF THE LIQUID PRODUCTS OF RUBBER GOODS PYROLYSIS**

**Authors**  
 Makarevich E.A.<sup>1</sup>, Papin A.V.<sup>1</sup>, Cherkasova T.G.<sup>1</sup>, Nevedrov A.V.<sup>1</sup>, Bobrova I.V.,  
<sup>1</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Authors information**  
**Makarevich E.A.**, Senior Lecturer at the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: [pav.httt@kuzstu.ru](mailto:pav.httt@kuzstu.ru)  
**Papin A.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: [pav.httt@kuzstu.ru](mailto:pav.httt@kuzstu.ru)  
**Cherkasova T.G.**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: [ctg.htnv@kuzstu.ru](mailto:ctg.htnv@kuzstu.ru)  
**Nevedrov A.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: [nevedrov@kuzstu.ru](mailto:nevedrov@kuzstu.ru)  
**Bobrova I.V.**, Academic Master of the Department of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: [bobrovaiv@kuzstu.ru](mailto:bobrovaiv@kuzstu.ru)

**Abstract**  
 The method of obtaining pitch from coal by thermal dissolution in a mixture of anthracene fraction and heavy fraction of liquid pyrolysis product of rubber products is investigated. According to this method, the mass ratio of coal to solvent is 40/60% by weight at a temperature in the reactor 40 °C, the ratio of the anthracene fraction to the heavy fraction of the liquid pyrolysis product of rubber products is 50/50% by weight. This method makes it possible to reduce energy costs by simplifying the technology for obtaining products

with specified properties, increase production safety and environmental safety by reducing the content of compounds of a high degree of environmental hazard, including benz(a)pyrene.

**Keywords**  
 Coal, Anthracene fraction, Liquid pyrolysis fraction, Rubber products, Pitch, Thermal dissolution.

**References**  
 1. Gubanov S.A., Bukka A.A. & Ivashchenko E.Yu. Technological features of the production of coal pitch from low-pyrolyzed coal tar and options for improving the process. *Coke and chemistry*, 2017, (11), pp. 37-42. (In Russ.).  
 2. Kuznetsov P.N. & Perminov N.V. Thermal dissolution of coal in technical paste-forming agents and their mixtures. *Coke and chemistry*, 2019, (11), pp. 16-23. (In Russ.).  
 3. Mannweiler U.C. & Perruchoud R.C. Reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in anodes by using petroleum pitch as binder material. *Light Metals*, 1997, pp. 555-558.  
 4. Khairutdinov I.R. Experience in the production and application of oil pitches. Moscow, Tsniitneftkhim Publ., 1994, 48 p. (In Russ.).  
 5. Barnakov Ch.N., Khokhlova G.P. & Usov O.M. Possibilities of expanding the raw material base for obtaining binder pitch. *Coke and chemistry*, 2019, (10), pp. 25-29. (In Russ.).

COAL PREPARATION

6. Overview of the coal tar market in the CIS. 2019. [Electronic resource]. Available at: [https:// infomine.ru/files/catalog/185/file\\_185.pdf](https://infomine.ru/files/catalog/185/file_185.pdf) (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
7. Ugayev A.A. & Doslov O.I. Disintegrated petroleum pitch – an alternative binder for new generation anodes. *Bulletin of IrSTU*, 2013, (6), pp. 151-156. (In Russ.).
8. Diez N., Alvarez P., Santamaria R., Blanco C., Menendez R. & Granda M. Optimisation of the melt-spinning of anthracene oil-based pitch for isotropic carbon fibre preparation. *Fuel Processing Technology*, 2012, (93), pp. 99-104.
9. Yu Wang, Yuanjian Tong, Bowen Zhang, Hua Su & Lianghua Xu. Formation of Surface Morphology in Polyacrylonitrile (PAN) Fibers during Wet-Spinning. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2018, (2), pp. 52-57.
10. Kazakov L.K. Carbon fibers. Moscow, Academy Publ., 2011, 336 p. (In Russ.).
11. Andreikov E.I., Safarov L.F. & Tsaar A.G. Obtaining of oil-coal pitch by joint distillation of coal tar and heavy gas oil at the resin processing plant of Gubakhinsky Coke JSC. *Coke and Chemistry*, 2016, (3), pp. 59-64. (In Russ.).
12. Sidorov O.F. Carcinogenic activity of coal pitches depending on the technology of their production. *Coke and chemistry*, 2006, (6), pp. 36-40. (In Russ.).
13. Marakushina E.N. Obtaining pitches and binders by thermal dissolution of coals: dis. Candidate of Technical Sciences, Krasnoyarsk, 2015, 137 p. (In Russ.).
14. Vetoshkina I.S., Solodov V.S. & Vasilyeva E.V. Obtaining high-tech products from coal tar. *Coke and chemistry*, 2019, (2), pp. 51-54. (In Russ.).
15. Meleshko A.I. & Polovnikov S.P. Carbon, carbon fibers, carbon composites. Moscow, SCIENCE PRESS Publ., 2007, 192 p. (In Russ.).
16. Khairutdinov I.R., Akhmetov M.M. & Telyashev E.G. The state and prospects of development of coke and pitch production from petroleum raw materials. *Russian Chemical Journal*, 2006, Vol. L, (1), pp. 25-28. (In Russ.).
17. Krasnikova O.V. Obtaining of oil-coal pitches by joint processing of coal tar and heavy pyrolysis resin: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Ufa, I.Ya. Postovsky IOS, 2013, 20 p. (In Russ.).
18. Perez M., Granda M., Santamaria R., Vina J.A. & Menendes R. Formation, structure and properties of carbon anodes from coal tar pitch/ petroleum pitch blends. *Light Metals*, 2003, (4), pp. 495-501.
19. Bagazeev V.K., Valiev N.G. & Boikov I.S. Deep processing of coal. *Mining Journal*, 2012, (1), pp. 82-85. (In Russ.).
20. Akimov A.V. Carbon fibers and composites. Moscow, Nedra Publ., 2014, 412 p. (In Russ.).

**Acknowledgements**

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

**For citation**

Makarevich E.A., Papin A.V., Cherkasova T.G., Nevedrov A.V. & Bobrova I.V. Production of pitch-like products from hard coal by thermal dissolution in a mixture of anthracene fraction and heavy fraction of the liquid products of rubber goods pyrolysis. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 102-107. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-102-107.

**Paper info**

Received August 1, 2023  
 Reviewed October 13, 2023  
 Accepted October 26, 2023

## Бородинский разрез в числе первых в Красноярском крае получил комплексное экологическое разрешение

Получение комплексного экологического разрешения (КЭР) – новое требование федерального закона «Об охране окружающей среды». Оно нацелено на повышение открытости и прозрачности природоохранной деятельности промышленных компаний. Срок получения таких разрешений – до 1 января 2025 г.

Бородинский разрез СУЭК в числе первых в Красноярском крае выполнил требования законодательства. В пакет разрешительной документации были включены современные технологические, технические и управленческие решения, которые реализуются на предприятии и помогают повысить ресурсную эффективность производства, свести к минимуму негативное воздействие добычи на окружающую среду. Среди них, например, осуществление непрерывного мониторинга качества атмосферного воздуха, карьерных и дренажных вод. В части внедрения НДТ представлен проект реконструкции системы водоотведения и очистки карьерных вод. Проектом предусмотрено строительство на разрезе нового комплекса очистных сооружений с многоуровневой и эффективной технологией очистки воды. Важно доба-



Бородинский угольный разрез



вить, что перед получением КЭР вся представленная Бородинским разрезом информация прошла согласование в Росприроднадзоре, Министерстве промышленности и торговли РФ, Министерстве природных ресурсов и экологии РФ.

Сейчас аналогичная работа ведется на Березовском и Назаровском разрезах СУЭК. Планируется, что комплексные экологические разрешения они получат в 2024 г.

Пресс-служба АО «СУЭК»

# Аргиллитовые вскрышные породы угледобычи – техногенный сырьевой ресурс для производства гранулированного теплоизоляционного материала

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-108-112>



## **КАРА-САЛ Б.К.**

Доктор техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Тувинский  
государственный университет»,  
главный научный сотрудник  
Тувинского института  
комплексного освоения  
природных ресурсов СО РАН,  
667007, г. Кызыл, Россия,  
e-mail: silikat-tgu@mail.ru



## **СААЯ Б.О.**

Старший преподаватель  
ФГБОУ ВО «Тувинский  
государственный университет»,  
667007, г. Кызыл, Россия,  
e-mail: silikat-tgu@mail.ru



## **СОЛДУП Ш.Н.**

Младший научный сотрудник  
Тувинского института комплексного  
освоения природных ресурсов СО РАН,  
667007, г. Кызыл, Россия,  
e-mail: soldup18@mail.ru

Постепенное сокращение традиционных сырьевых материалов для производства минеральных пористых теплоизоляционных материалов вынуждает предприятия искать альтернативные виды сырья, в том числе из числа отходов. Разработки зарубежных и отечественных ученых показали возможности использования нетрадиционных сырьевых материалов природной и техногенной основы, что рассматривается как комплексное использование минерального сырья. Использование крупнотоннажных попутных продуктов промышленности в производстве минеральных теплоизоляционных материалов расширяет сырьевую базу, что способствует утилизации отходов промышленности и улучшает экологическую ситуацию в регионах. При применении попутных продуктов исключаются затраты на разработку месторождений, что уменьшает себестоимость продукции. В данной работе на основе вскрышных пород угледобычи – аргиллитов, кальцинированной соды и измельченного известняка получен гранулированный теплоизоляционный материал, характеристики которого значительно лучше, чем у традиционного керамзитового гравия, полученного из глинистых пород. Полученный пористый материал в виде гранул будет использован как эффективная теплоизоляционная засыпка и в качестве заполнителя при изготовлении легких бетонов.

**Ключевые слова:** аргиллиты, вскрышная порода угледобычи, гранулы, теплоизоляционный материал, свойства.

**Для цитирования:** Кара-сал Б.К., Саая Б.О., Солдуп Ш.Н. Аргиллитовые вскрышные породы угледобычи – техногенный сырьевой ресурс для производства гранулированного теплоизоляционного материала // Уголь. 2023. № 11. С. 108-112. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-108-112.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в Республике Тыва идет масштабное освоение Улуг-Хемского угольного бассейна, где запасы каменного угля оценены в объеме более 3,0 млрд т [1].



Добыча твердого топлива на трех угольных разрезах ведется открытым способом, и, чтобы добраться до угольных пластов, разрабатывают и удаляют толстый массив пустых горных пород толщиной от 20 до 80 м [2]. В результате кардинально меняется облик природных ландшафтов с образованием глубоких выемок и искусственных горных массивов из отвалов вскрышных пород, которые занимают огромные территории и загрязняют окружающую среду. Общий объем отвалов трех угольных разрезов превышает более 300 млн т и ежегодно растет [3]. На вскрытие и удаление пустых вскрышных пород затрачивается от 40 до 60% себестоимости продукции. Накопленные с 1960-х годов отходы угледобычи практически не утилизируются.

В условиях рыночной экономики актуальным является комплексное использование природных сырьевых материалов, суть которого заключается в создании дополнительной продукции из попутных продуктов основного горного производства, что рассматривается как расширение сырьевой базы и как утилизация отходов промышленности [4, 5].

Опыт показывает, что наиболее потенциальным потребителем минеральных отходов производства является промышленность строительных материалов [6, 7].

В Республике Тыва отсутствует производство теплоизоляционных материалов, в том числе пористых заполнителей, которые можно использовать в качестве эффективной теплоизоляционной засыпки и как пористый заполнитель для изготовления легких бетонов. По комплексу характеристик, прежде всего таких, как средняя насыпная плотность, механическая прочность, теплопроводность, водопоглощение, негорючесть, длительный срок службы, минеральные пористые гранулированные материалы превосходят органические теплоизоляционные материалы [8, 9].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с истощением запасов традиционного глинистого сырья для производства пористых заполнителей требуются поиск и исследование новых альтернативных видов сырьевых материалов природной и техногенной основы. Разработки зарубежных и отечественных ученых показали возможность применения нетрадиционных материалов, в том числе попутных продуктов промышленности, для производства пористых теплоизоляционных материалов, что рассматривается как утилизация отходов производства.

**Цель работы:** на основе аргиллитовой вскрышной породы угледобычи получить гранулированный теплоизоляционный материал с улучшенными показателями и низкой температурой обжига без применения природного традиционного сырья.



Рис. 1. Отвалы аргиллитовых вскрышных пород угледобычи  
Fig. 1. Argillite overburden dumps from coal mining

### МАТЕРИАЛЫ

В качестве основного сырья для получения пористого теплоизоляционного материала в работе использована вскрышная порода угледобычи Чаданского угольного разреза (Республика Тыва), которая представляет собой уплотненный каменный материал, содержащий глинистые минералы и классифицирующийся как аргиллит (рис. 1).

Применение отходов угледобычи в производстве пористого теплоизоляционного материала в виде гранул связано с алюмосиликатной основой химического состава породы, что способствует интенсификации процесса спекания и вспучивания массы при переходе в пиропластичное состояние [10]. Кроме того, применение отходов угледобычи обеспечивает комплексность использования сырья и снижение себестоимости продукции, так как исключается разработка месторождения сырьевого материала [11].

Аргиллитовая вскрышная порода угледобычи в отвалах находится в виде песка, щебня и валунов. Цвет породы серый и темно-серый. Средняя насыпная плотность щебенистой фракции породы (размеры 10-40 мм) равна 1560 кг/м<sup>3</sup>. Водопоглощение кусков породы – 3,6-4,2%. Механическая прочность породы при сжатии колеблется в пределах 54-57 МПа.

В качестве плавни для активации спекания и расплавления, а также снижения вязкости пиропластической массы принята кальцинированная сода, характеристики которой регламентируются ГОСТом 5100-85.

Как источник газообразования и вспенивания расплавленной массы использован местный известняк месторождения «Чаданское».

Таблица 1

**Химический состав сырьевых материалов**  
Chemical composition of raw materials

Наименование материалов	Содержание оксидов, в масс. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
Аргиллитовая порода	61,87	12,73	5,84	2,53	1,30	2,78	2,41	10,94
Известняк	0,84	0,63	0,12	54,17	0,74	0,09	0,07	43,34



Из анализа химического состава сырьевых материалов, представленного в *табл. 1*, следует, что содержание основных оксидов в аргиллитовой породе характерно для глинистых пород.

В аргиллитовой породе содержание  $\text{SiO}_2$  более 61%, что на уровне чистых глинистых пород. Доля оксида алюминия – менее 13%, поэтому порода относится к кислым. Железистые соединения в достаточно высоком количестве (более 5%). Наличие щелочных оксидов  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  которые влияют на спекание масс при обжиге, выше среднего. Потери при прокальвании (п.п.п.) аргиллитовой породы – более 10%, что связано с присутствием химически связанной воды в глинистых минералах и выгоранием углистых веществ.

Местный известняк относится к числу чистых карбонатных пород, так как содержание оксида кальция (54,17%) ближе к теоретической величине.

Из исследования минералогического состава аргиллитовой породы следует, что в ней кроме глинистого минерала иллит (d/n: 0,998; 0,447; 0,331; 0,256; 0,238) присутствуют кварц, альбит, гидроксид железа и хлорит. Выявлено, что содержание глинистых минералов в аргиллите колеблется в пределах 18-22%, что соответствует присутствию глинистых минералов в тяжелых суглинках.

Следует отметить, что в вещественном составе аргиллитовой породы наряду с минеральными составляющими зафиксировано наличие органических углистых частиц, доля которых измельчается в пределах 4-7%, которые попадают в состав вскрышных пород при разработке массива пород, лежащих над угольными пластами. Присутствие органических веществ в массе способствует спеканию и вспучиванию массы при термической обработке.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении работы принята следующая методика. Щебенистая фракция аргиллитовых пород (размеры 10-40 мм) сначала измельчена в щековой дробилке. Затем полученный материал подвергнут тонкому помолу в шаровой мельнице в течение 3 ч. Таким же образом дроблен и измельчен известняк. Затем компоненты в соотношениях, представленных в *табл. 2*, тщательно перемешивали.

Из полученной массы путем добавления воды (18%) на грануляторе получены гранулы размером 6-10 мм, которые после сушки подвергались термической обработке при 900°C, где происходили быстрый нагрев, спекание и расплавление массы, а также вспучивание гранул при декарбонизации карбонатного составляющего массы.

Полученные пористые круглые гранулы испытывались в соответствии с требованиями ГОСТ 9758-86 «Пористые заполнители неорганические для строительных работ». Коэффициент теплопроводности гранул определялся с помощью прибора ИТП-МГ-4.

Исследование показало, что при быстром нагревании до 900°C и последующей изотермической выдержке в результате совпадения процессов спекания и расплавления массы с разложением известняка происходит вспучивание гранул с образованием пористой структуры (*рис. 2*).

Выявлено, что переход массы в пиропластическое состояние и степень вспучивания гранул зависят от содержания щелочного компонента шихты.



Рис. 2. Гранулы до и после обжига

Fig. 2. Pellets before and after firing

Таблица 2

### Составы масс

Compositions of masses

Компоненты	Массовое содержание компонентов, % в составах		
	1	2	3
Аргиллит	85	80	75
Сода кальцинированная	10	15	20
Известняк	5	5	5

Таблица 3

### Физико-механические свойства гранул Physical and mechanical properties of pellets

Характеристики	Составы		
	1	2	3
Средняя насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	412	361	284
Водопоглощение, %	26,4	22,9	18,7
Прочность при сжатии, МПа	3,1	2,6	1,8
Коэффициент теплопроводности	0,091	0,824	0,065

В *табл. 3* приведены физико-механические характеристики гранул.

Как следует из *табл. 3*, при увеличении содержания щелочного компонента – соды от 10 до 20% средняя насыпная плотность гранул уменьшается с 412 до 284 кг/м<sup>3</sup>, а водопоглощение снижается с 26,4 до 18,7%, что связано с частичным образованием стекловидного покрытия на поверхности гранул, которое меньше поглощает воду [12, 13].

В то же время увеличение содержания соды до 20% (состав 3) приводит к росту размеров пор и снижает толщину перегородок между порами, что снижает прочность гранул с 3,1 до 1,8 МПа.

Сравнительный анализ с показателями традиционного керамзитового гравия из глины показал [14], что при равной средней насыпной плотности (280-400 кг/м<sup>3</sup>) водопоглощение гранул на основе аргиллитовой вскрышной породы уменьшается с 34-23 до 26-18%, а прочность при сжатии повышается с 1,1-2,4 до 1,8-3,1 МПа. При этом температура обжига понижена с 1200-1250°C до 900°C, что существенно уменьшает энергетические затраты.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны составы масс для производства пористо-теплоизоляционного материала в виде гранул на основе аргиллитовых вскрышных пород угледобычи.

2. Полученный гранулированный теплоизоляционный материал отличается от традиционного керамзитового гравия более высокой механической прочностью и низким водопоглощением, а также значительно пониженной температурой обжига.

3. Использование отходов угледобычи при получении пористых теплоизоляционных заполнителей способствует утилизации промышленных отходов; охране окружающей среды, расширению сырьевой базы для производства минеральных теплоизоляционных материалов.

## Список литературы

- Охрана окружающей среды в Республике Тыва: Статистический сборник. Кызыл.: Тывастат, 2015. 78 с.
- Кара-сал Б.К., Саая С.С., Сапелкина Т.В. Физико-механические свойства вскрышных пород угледобычи Тувы // Естественные и технические науки. 2018. № 2. С. 180-184.
- Кара-сал Б.К. Минеральные попутные продукты промышленности Тувы. Кызыл.: Изд-во ТувГУ, 2020. 109 с.
- Байджанов Д.О., Нугужинов Ж.С., Федорченко В.И. Теплоизоляционный материал на основе местного техногенного сырья // Стекло и керамика. 2016. № 11. С. 40-42.
- Zeolitic Tuffs as Raw Materials for Lightweight Aggregates / M. Doldi, P. Cappelletti, G. Cerri et al. // Key Engineering Materials. 2004. 25(1): 71-81.
- Казанцева Л.К., Стороженко Г.И., Никитин А.И. Теплоизоляционный материал на основе опокового сырья // Строительные материалы. 2013. № 5. С. 85-87.
- Яценко Е.А., Зубехин А.П., Смолий В.А. Ресурсосберегающая технология теплоизоляционно-декоративного стеклокомпозиционного материала на основе золошлаковых отходов // Стекло и керамика. 2015. № 6. С. 34-38.
- Смолий В.А., Яценко Е.А., Гольцман Б.М. Влияние гранулометрического состава шихты на технологические и физико-химические свойства гранулированного пористого силикатного заполнителя // Стекло и керамика. 2017. № 8. С. 12-14.
- Никитин А.И., Казанцева Л.К., Верещагин В.И. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе трекел Потанинского месторождения // Строительные материалы. 2014. № 8. С.34-36.
- Жималов А.А., Никишонкова О.А., Спиридонов Ю.А., Кособудский И.Д. Физико-химические исследования альтернативных сырьевых материалов – опок для производства пеностекла и пеноматериалов // Стекло и керамика. 2018. № 10. С. 15-18.
- Казьмина О.В., Верещагин В.И., Абиака А.Н. Расширение сырьевой базы для производства пеностеклокристаллических материалов // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 54-56.
- Bai J., Yang X., Xu S. Preparation of foam glass from waste glass and fly ash // Materials Letters. 2014. Vol. 136. P. 52-54.
- Chen X., Lu A., Qu G. Preparation and characterization of foam ceramics from red mud and fly ash using sodium silicate as foaming agent // Ceramics International. 2013. Vol. 39. No 2. P. 1923-1929.
- Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат, 1982. 376 с.

Original Paper

UDC 666.691 © B.K. Kara-sal, B.O. Saaya, Sh.N. Soldup, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 108-112  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-108-112>

## Title

**ARGILLITE OVERBURDEN OF COAL MINING AS A TECHNOGENIC RAW MATERIAL RESOURCE FOR THE PRODUCTION OF GRANULAR THERMAL INSULATION MATERIAL**

## Authors

Kara-sal B.K.<sup>1,2</sup>, Saaya B.O.<sup>1</sup>, Soldup Sh.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tuvian State University, Kyzyl, 667007, Russian Federation

<sup>2</sup> Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, 667007, Russian Federation

## Authors Information

**Kara-sal B.K.**, Doctor of Engineering sciences, Professor, Chief Scientific Officer, e-mail: [silikat-tgu@mail.ru](mailto:silikat-tgu@mail.ru)

**Saaya B.O.**, Senior lecturer, e-mail: [silikat-tgu@mail.ru](mailto:silikat-tgu@mail.ru)

**Soldup Sh.N.**, Junior Researcher, e-mail: [soldup18@mail.ru](mailto:soldup18@mail.ru)

## Abstract

The gradual reduction of traditional raw materials for the production of mineral porous thermal insulation materials forces enterprises to look for alternative types of raw materials, including those from waste. The developments of foreign and domestic scientists have shown the possibilities of using unconventional raw materials of natural and man-made basis, which is considered as a complex use of mineral raw materials. The use of large-tonnage by-products of industry in the production of mineral thermal insulation materials expands the raw material base which contributes to the disposal of industrial waste and improves the environmental situation in the regions. When using associated products, the costs of field development are excluded, which reduces the cost of production. In this work, on the basis of overburden rocks of coal

mining – mudstones, soda ash and crushed limestone, a granular thermal insulation material was obtained, the characteristics of which are much better than traditional expanded clay gravel obtained from clay rocks. The resulting porous material in the form of granules will be used as an effective thermal insulation filling and as a filler in the manufacture of light concrete.

## Keywords

Mudstones, Coal mining overburden, Granules, Thermal insulation material, Properties.

## References

- Environmental protection in the Republic of Tyva: Statistical Compilation. Kyzyl, Tyvastat Publ., 2015, 78 p. (In Russ.).
- Kara-sal B.K., Saaya S.S. & Sapelkina T.V. Physical and mechanical properties of overburden rocks from coal mining in Tuva. *Estestvennye i tehnicheckie nauki*, 2018, (2), pp.180-184. (In Russ.).
- Kara-sal B.K. Mineral by-products of the Tuva industry, Kyzyl, Tuva State University Publ., 2020, 109 p. (In Russ.).

COAL PREPARATION

4. Baydjanov D.O., Nuguzhinov Zh.S. & Fedorchenko V.I. Thermal insulation material based on local man-made raw materials. *Steklo i keramika*, 2016, (11), pp. 40-42. (In Russ.).
5. Doldi M., Cappellet P., Cerri G. et al. Zeolitic Tuffs as Raw Materials for Lightweight Aggregates. *Key Engineering Materials*, 2004, 25(1): 71-81.
6. Kazantseva L.K., Storozhenko G.I. & Nikitin A.I. Heat-insulating material based on gaize raw materials. *Stroitel'nye materialy*, 2013, (5), pp. 85-87. (In Russ.).
7. Yatsenko E.A., Zubekhin A.P. & Smoliy V.A. Resource-saving technology of heat-insulating decorative glass-composite material based on ash-and-slag wastes. *Steklo i keramika*, 2015, (6), pp. 34-38. (In Russ.).
8. Smoliy V.A., Yatsenko E.A. & Goltsman B.M. Impact of particle size distribution of the charge mixture on technological and physicochemical properties of granulated porous silicate aggregates. *Steklo i keramika*, 2017, (8), pp. 12-14. (In Russ.).
9. Nikitin A.I., Kazantseva L.K. & Vereshchagin V.I. Thermal insulating materials and products based on berg-meals of the Potaninskoye deposit. *Stroitel'nye materialy*, 2014, (8), pp.34-36. (In Russ.).
10. Zhimalov A.A., Nikishonkova O.A., Spiridonov Yu.A. & Kosobudskiy I.D. Physical and chemical studies of alternative raw materials: gaize for manufacturing of cellular glass and foam materials. *Steklo i keramika*, 2018, (10), pp. 15-18. (In Russ.).
11. Kazmina O.V., Vereshchagin V.I. & Abiaka A.N. Expanding the raw material base for manufacturing cellular glass crystalline materials. *Stroitel'nye materialy*, 2009, (7), pp. 54-56. (In Russ.).
12. Bai J., Yang X. & Xu S. Preparation of foam glass from waste glass and fly ash. *Materials Letters*, 2014, (136), pp. 52-54.
13. Chen X., Lu A. & Qu G. Preparation and characterization of foam ceramics from red mud and fly ash using sodium silicate as foaming agent. *Ceramics International*, 2013, Vol. 39, (2), pp. 1923-1929.
14. Goryainov K.E. & Goryainova S.K. Technology of heat-insulating materials and products, Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, 376 p. (In Russ.).

**For citation**

Kara-sal B.K., Saaya B.O. & Soldup Sh.N. Argillite overburden of coal mining as a technogenic raw material resource for the production of granular thermal insulation material. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 108-112. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-108-112.

**Paper info**

Received September 4, 2023  
 Reviewed October 13, 2023  
 Accepted October 26, 2023

## Социально значимые проекты СУЭК получили высшую оценку в российском ТЭК

СУЭК продолжает вносить весомый вклад не только в экономическое, но и в социальное развитие регионов Сибири и Дальнего Востока. Два социально значимых проекта, реализуемых Компанией, получили высшую оценку жюри авторитетного конкурса «Кон-ТЭКст».

Это один из старейших и наиболее престижных конкурсов в российском ТЭК, который ежегодно определяет самые успешные и важные для развития топливно-энергетического комплекса проекты. Премия проводится при поддержке Минэнерго РФ, Государственной Думы, Совета Федерации, РАСО и Союза журналистов.

В конкурсе принимают участие 300 энергокомпаний, жюри оценило за эти годы 4 413 представленных за-

явок. В этом году в финал вышли около 50 проектов, среди победителей, помимо СУЭК, такие компании, как ПАО «Газпром», ИнтерРАО, Т Плюс, Мосэнерго и другие лидеры отечественного ТЭК.

Одним из победителей стало бездымное топливо СУЭК. Это продукт глубокой переработки угля. В процессе переработки из угля удаляются так называемые «летучие» вещества, в остатке, как говорят специалисты, получается практически чистый углерод. Затем получившийся мелкозернистый кокс прессуется в брикеты, которые можно применять в бытовых печах без ущерба для экологии и с плюсом по энергоэффективности.

Другой отмеченный отраслевым сообществом проект – «Академия карбона», разработанный СУЭК уникальный образовательный ресурс для детей и взрослых, в увлекательной интерак-

тивной форме рассказывающий об угле, его происхождении, значении для человечества, о шахтерской профессии и о перспективах угля как одного из важнейших и самых надежных источников энергии для человечества.

Оба проекта неоднократно побеждали в федеральных конкурсах. Так, бездымное топливо в июле текущего года стало победителем экологической премии «ЭКОТЕХ-ЛИДЕР» в номинации «Сокращение вредных выбросов в атмосферу». А проект «Академия карбона» в 2022 г. был удостоен авторитетной премии «HR-бренд».



Пресс-служба АО «СУЭК»



# Проектирование информационной системы определения деструктивных изменений углепородного массива\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-113-119>

В статье рассмотрен один из проектов по цифровизации угольной промышленности - проектирование информационной системы для нахождения дизъюнктивных нарушений горных пород, характеризующихся наличием разломов в структуре углепородного массива, на основе результатов проведения сейсморазведочных работ. Использование предлагаемой информационной системы позволит превентивно определять наличие подобных разломов для принятия управленческих решений в целях обеспечения безаварийной, высокопроизводительной работы угольного предприятия. На основе получаемых результатов угледобывающий процесс мог бы подвергнуться корректировке, что положительно скажется на эффективности и безопасности работы механизированного комплекса. В статье представлена структура специализированной геоинформационной системы, включающей в себя такой набор модулей, как: модуль вычисления сейсмических характеристик, модуль 3D-визуализации, модуль анализа данных при помощи нейронной сети и модуль генерации отчетов, а также описаны их функциональность и принцип работы. Затем функциональность системы была конкретизирована при помощи построения диаграммы потоков данных, которая позволила отобразить порядок обработки данных, поступающих в систему. В результате была спроектирована модель базы данных системы и построена ER-диаграмма, которая детализирует сущности, используемые системой для хранения как входных данных, так и данных, полученных в результате работы системы и их связи друг с другом. На основе запросов пользователя имеется возможность формирования отчетов в желаемом виде.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, цифровизация угольной промышленности, проектирование систем, сейсморазведка, дизъюнктивные нарушения.

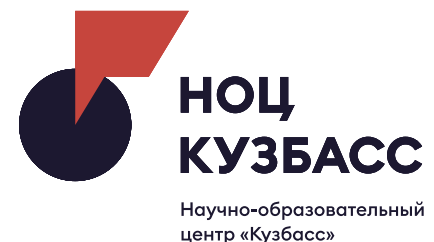
**Для цитирования:** Степанов И.Ю. Проектирование информационной системы определения деструктивных изменений углепородного массива // Уголь. 2023. № 11. С. 113-119. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-113-119.

## ВВЕДЕНИЕ

Горнодобывающая промышленность вносит существенный вклад в экономику Российской Федерации. При этом большие объемы добычи полезных ископаемых, в частности угля, обязывают компании, занятые в данной отрасли, уделять повышенное внимание вопросам безопасности и экономической эффективности своей деятельности. В ходе прикладного взаимодействия с предприятиями угледобывающей промышленности в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и вне-

## СТЕПАНОВ И.Ю.

Аспирант Кемеровского государственного университета, 650000, Россия, Кемерово, e-mail: zextel1995@gmail.com



\* Работа выполнена в рамках соглашения № 075-15-2022-1195 от 30.09.2022, заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кемеровский государственный университет»



дрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 № 1144-р, номер соглашения 075-15-2022-1195 от 30.09.2022, а также в ходе решения задач по цифровизации отдельных процессов их работ выявлена потребность в визуализации и предиктивном выявлении дизъюнктивных нарушений пластов горных пород, которые оказывают прямое негативное влияние на безопасность и экономическую эффективность процесса добычи угля. Дизъюнктивные нарушения горных пород возникают вследствие тектонических движений, которые приводят к нарушению сплошности залегания углепородных пластов. Подобные разрывы сплошности тектонического строения могут принимать форму сбросов, взбросов, надвигов и сдвигов. Сбросы и взбросы характеризуются вертикальным направлением разрыва пласта, при этом при возникновении сброса лежащее крыло пласта, которое находится под плоскостью смещения, поднято над висячим, который лежит над плоскостью смещения, а при возникновении взброса – наоборот. Для сдвигов характерно горизонтальное смещение частей пласта. При надвигах висячий бок оказывается надвинутым на лежащий вдоль пологой (45-60°) плоскости смещения [1].

Возникновения дизъюнктивных нарушений в пределах выемочного участка осложняют горнодобывающий процесс по ряду причин. Во-первых, при ведении горных работ на пластах с нарушением сплошности залегания породного массива необходимо корректировать конфигурацию работы угледобывающего комплекса как по падению, так и по простиранию. Это делается с целью адаптировать направление работы оборудования к изменившимся условиям, т.е. необходимо рассчитать, в каком месте необходимо начинать переход с одного горизонта ведения работ на другой. Во-вторых, с точки зрения экологических показателей, т.е. чтобы не оставить в недрах земли неоправданно большие части угольного массива, необходимо корректировать технологию выемки угля.

При определенных условиях дизъюнктивные нарушения в строении пласта могут увеличить риск обрушения горных пород, что существенно влияет на безопасность ведения горных работ, и в случае остановки очистного забоя, увеличиваются затраты на восстановление горного оборудования [2]. Перечисленные факторы повышают себестоимость добытого угля, что недопустимо для сформированной рыночной экономики.

В качестве ответа на сложившиеся проблемы возникла целесообразность привлечения такой отрасли, как разведочная геофизика, суть которой заключается в изучении внутреннего строения Земли с целью выявления залежей полезных ископаемых и геометрии дизъюнктивных нарушений. Одним из самых эффективных методов в этой отрасли является сейсморазведка [3, 4]. Она основана на различиях в свойствах проводимости горных пород. Сейсмические волны, возбужденные на земной поверхности,

проходят через разные слои горных пород с разной скоростью, а также отражаются от границ залегания слоев с разными характеристиками, за счет чего с помощью специальных приборов можно зафиксировать время прибытия отраженных волн обратно на поверхность земли. Зная время прибытия и расстояние между точкой возбуждения волн и точкой приема, можно вычислить скорость волны и на основании информации о скорости распространения волн в различных геологических средах определить состав и структуру пластов горных пород [5].

В работе используются результаты методов сейсморазведки, полученные экспериментальным путем. Определение структуры залегания позволяет выделить области повышенного риска возникновения дизъюнктивных нарушений [6].

Таким образом, возникает потребность в информационной системе, которая позволит провести моделирование результатов сейсморазведки, а также превентивно выявлять наличие разломов горных пород и определять их местоположение и свойства, опираясь на анализ данных сейсморазведки, с целью предоставления подробного отчета для инстанций, обладающих обязанностью контролировать процесс ведения горнодобывающих работ.

#### **ОПИСАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАХОЖДЕНИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА**

Проведя анализ последовательности действий на каждом этапе сбора, анализа, обработки, визуализации и генерации отчетов, выполнено проектирование специализированной информационной системы, результатом которого является построенная концептуальная модель, позволяющая определить структуру моделируемой системы, ее элементы и свойства. На *рис. 1* представлена структура специализированной информационной системы, включающая в себя совокупность программных модулей, реализованных в виде отдельных подсистем.

Первичная визуализация исходных данных – схем горных отводов и результатов сейсморазведки, преобразованных в 3D-модель, была проведена в разработанной в ходе исполнения соглашения № 075-15-2022-1195 от 30.09.2022, заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», программы «Система управления мониторингом строительных работ на объектах, прошедших государственную экспертизу». Дальнейшее развитие функционала целесообразно проводить в виде отдельной отечественной информационной системы в связи с наличием множества модулей, а также нейронной сети, производящей обработку вводимых данных и расчет.

В описываемой системе в качестве исходных данных, загружаемых пользователем, используются результаты проведения кинематических испытаний, представленные в виде сериализуемых файлов сейсморазведочных данных. Сеть профилей, источники и приемники являются ключевыми элементами этого процесса. В контексте описываемой системы исходные данные по профилям (включая координаты профилей и расположение датчиков) хранятся в отдельных сущностях, то есть файлах в формате SEG-Y.

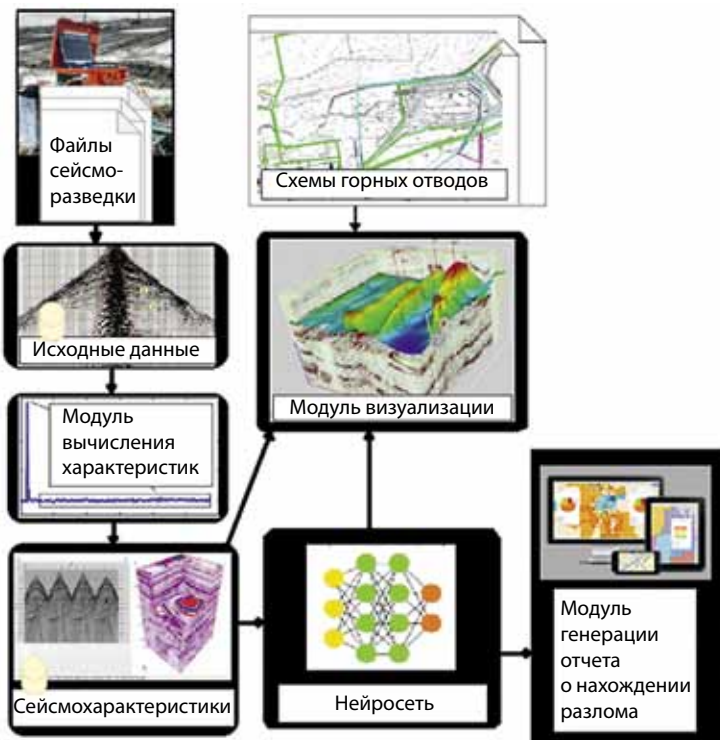


Рис. 1. Структура информационной системы  
Fig. 1. The structure of the information system

SEG-Y-файлы содержат информацию о сейсмических данных в виде временных рядов, которые представляют собой записи временных изменений сейсмического сигнала. Эти данные обычно представляют собой отраженные волны, которые преломляются и отражаются различными слоями геологической структуры под землей.

Детальное описание конкретной используемой системы наблюдений (конфигурации приемников и источников, методы активации источников, используемое оборудование) выходит за рамки данной работы. Это вопрос, который обычно решается на практике в соответствии со спецификой конкретного объекта исследования и целями сейсморазведки. Такие сведения могут вноситься в систему оператором, поскольку не все виды оборудования позволяют хранить эти сведения в виде метаданных.

Из двоичных заголовков можно узнать схему расположения сейсмических профилей и датчиков на них, что позволяет восстановить геометрию проведения сейсморазведки [7]. Таким образом, для дальнейшей работы следует извлечь из файлов, сохранить и структурировать пространственные данные из двоичных заголовков, а также массивы значений сигнала. Для этого моделируется соответствующая база с исходными геоданными, которые содержат в себе априорную информацию о динамических характеристиках волн. Эти сведения получают посредством агрегации информации с сети профилей, получаемых с использованием вертикального сейсмического профилирования поляризационного типа, каждый из датчиков которой имеет геопространственную привязку на дневной поверхности.

Полученные амплитуды сейсмических сигналов предполагается использовать не в первоначальном виде, а рас-

считать на их основе ряд сейсмических характеристик посредством кинематической обработки данных сейсморазведки, позволяющей определять геометрию и свойства геологических формаций на основе сейсмических сигналов и характеризовать область, подвергшуюся сейсморазведочным работам. Для выполнения данной задачи проектируется модуль расчета сейсмических характеристик, содержащий в себе методы и алгоритмы кинематической обработки сейсморазведочных данных, в частности: алгоритмы расчета априорных статических поправок, определение скоростей суммирования, расчет амплитуд помех различного рода и т.д. Модуль должен содержать методы, позволяющие рассчитать такие показатели, как среднеквадратичное значение амплитуды, зависящее от свойств вмещающих сред, что позволяет установить связь между среднеквадратичным значением амплитуд и характером вмещающих горных пород [8]; соотношение сигнал/шум, а также средние и пиковые значения частот и амплитуд сигнала. Рассчитанные значения характеристик представляют ценность как для текущего расчета, проводимого оператором, так и для использования этих данных в ретроспективном анализе. В связи с этим такие данные необходимо хранить в виде обособленного объекта в виде структуры данных,

обладающей как атрибутами для однозначного референцирования в пространстве и времени, так и соответствующими метаданными. Такая постановка задачи ведет к тому, что необходимо разработать базу данных, общую для всех вычисляемых сейсмических характеристик, поскольку это упростит процесс получения данных для промежуточных работ ввиду единого хранилища.

Для анализа сейсмических характеристик предлагается разработать программный модуль, позволяющий автоматизировать процесс отделения полезного сигнала от зашумленного сигнала. Под «полезным сигналом» мы обычно считаем отраженные или преломленные волны, которые достигают датчиков после взаимодействия с геологическими структурами под землей. Эти сигналы несут информацию о свойствах и структуре подземных слоев, что позволяет нам строить их модель.

«Помехами» могут быть различные источники шума, которые могут наложиться на полезный сигнал в процессе его прохождения к приемнику. Это могут быть фоновые шумы, шумы от других источников сейсмической волны, нежелательные отражения и преломления от поверхностных структур и т.д.

В рамках предложенной модели обработки данные сейсморазведки подвергаются первичной обработке, чтобы минимизировать влияние этих помех и улучшить качество полезного сигнала. Это включает различные методы фильтрации, коррекции смещения, взвешивания и деконволюции. Затем извлеченные сейсмические характеристики подаются на вход нейронной сети, которая обучена распознавать дизъюнктивные нарушения на основе сложных зависимостей между набором входных данных, в нашем случае характеристик сейсмосигналов, и выход-

ных данных, т.е. сведений о наличии или отсутствии разрывных нарушений дизъюнктивного характера. Это позволит автоматизировать задачу классификации результатов сейсморазведки. Анализ данных с применением нейронных сетей должен ускорить процесс выявления разломов горных пород, позволяя преобразовать сложные сейсмические данные в интуитивно понятные и визуально удобные форматы.

Поскольку данная процедура может выполняться уже на действующих участках отработки угольных пластов, то проведение декомпозиции определения геометрических дефектов пластов в виде разломов может существенно повлиять на оперативность принятия решения о смене самого технологического процесса или его корректировки. Например, при внезапном отсутствии угольной массы требуются дополнительные исследования геометрии породного массива, это повлияет на длительность простоев и, как следствие, на экономическую составляющую проекта по добыче угля.

Интерпретация результатов, полученных при использовании нейронных сетей, будет осуществляться на основании важности признаков, связанных с амплитудами сигналов сейсморазведки. Каждая характеристика или признак будут иметь определенный вес в нейронной сети. Сигналы с высокими амплитудами могут указывать на наличие дизъюнктивных нарушений в горных породах, поскольку такие нарушения обычно сопровождаются изменениями в их структуре, что может вызывать более сильные отраженные волны.

Физическое истолкование результатов, полученных с помощью нейронной сети, в контексте нашей статьи будет связано с определением структуры горных пород. Например, выявление дизъюнктивных нарушений может указывать на изменения в структуре горных пород, что может привести к обрушению или другим нежелательным последствиям в процессе добычи. В то же время, отсутствие таких нарушений может указывать на стабильность горных пород и безопасность дальнейших работ. Таким образом, результаты, полученные с помощью нейронной сети, могут быть физически интерпретированы как совокупность областей различных структур горных пород в пределах исследуемой зоны.

Для наглядного представления дизъюнктивного нарушения используется программный модуль, поддерживающий изображения в трехмерном пространстве. В полученной информационной системе исходные данные для построения трехмерной модели берутся из протоколов результатов проведения кинематической обработки сейсмических наблюдений с выделением кинематических характеристик волн, как отраженных, так и преломленных, которые включают в себя информацию о геометрии исследуемого участка, а также о физических свойствах горных пород, которые измеряются через амплитуды сейсмических сигналов. Конкретно, модель строится на основе данных, содержащихся в SEG-Y-файлах и преобразованных в структурированный вид, который включает в себя координаты профилей, геопространственное расположение датчиков, массив значений глубины залегания под точками датчиков и указание горных пород массива.

Модуль построения трехмерной модели среды в данном контексте можно понимать как комбинированный процесс, включающий в себя структурирование входных данных, вычисление сейсмических характеристик, анализ полученных данных с помощью методов машинного обучения и последующую визуализацию результатов. Наглядное представление деформированного пласта по падению и простиранию позволяет спрогнозировать новое положение лавы в пространстве. В качестве исходных файлов для модуля визуализации могут использоваться схемы горных отводов совместно с исходными данными о сейсморазведочных работах, хранящимися в соответствующей базе данных. Это позволит составить схему ведения сейсморазведочных работ и отобразить залегание пластов. Для отображения возникших разломов модуль визуализации получает результаты работы нейросети по выявлению дизъюнктивных нарушений, а также их локализации в пределах исследуемой области.

Следующим этапом работ в проектируемой информационной системе является генерация типового отчета, в котором должна содержаться информация о результате проведения сейсморазведки, то есть наличии или отсутствии дизъюнктивных нарушений, совместно с визуализированной схемой залегания пласта в зоне ведения горных работ. На основании данного отчета соответствующая инстанция, в частности старшие инженеры, планируют следующий этап проведения работ по добыче угля на данном участке шахтного поля.

На *рис. 2* приведена диаграмма потоков данных [9], которая иллюстрирует последовательность операций в системе. Согласно представленной диаграмме, начало работы системы обозначается этапом загрузки пользователем набора файлов в формате SEG-Y, содержащих информацию, полученную в результате сейсморазведки. Из этих файлов извлекаются сведения о конфигурации сеймопрофилей, а также массивы амплитуд сейсмических сигналов и другие данные, сохраненные в процессе кинематических испытаний породного массива.

После проведения структуризации полученной информации она загружается в соответствующую таблицу базы данных, хранящей геоданные кинематических испытаний, на основании которых может быть спроектировано получение динамических характеристик волн, которые служат исходными для нейронных сетей. Хранимые в БД данные являются входными для алгоритмов модуля интеллектуального анализа, который является агрегатором для моделей машинного и глубокого обучения, которые используются для локализации разрывных нарушений различного рода.

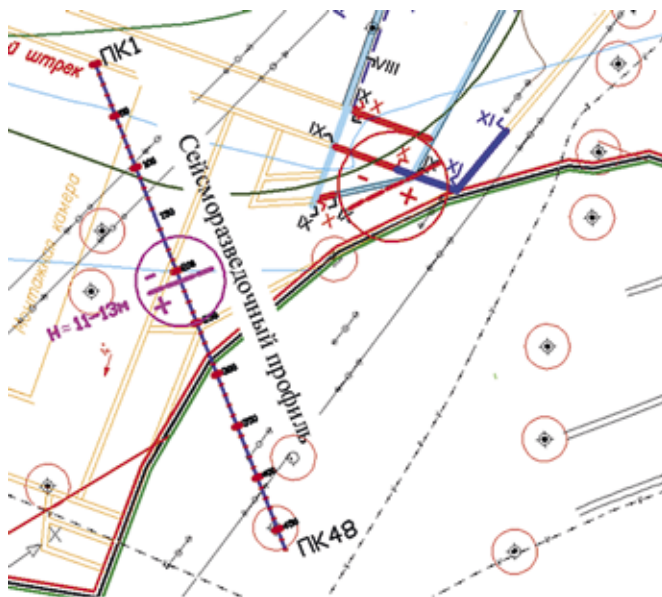
Результатом проведенного анализа должен стать вывод о наличии дизъюнктивных нарушений на исследуемом участке угольного пласта. В случае, если дизъюнктивное нарушение было выявлено, необходимо также выявить зоны наибольшей потенциальной вероятности нахождения разломов. Информация об этих зонах используется для проведения визуализации углепородного пласта.

Для проведения визуализации необходимо воспользоваться набором топографических карт со схемами шахтных полей в пределах горного отвода. Поскольку сейсмодатчики имеют пространственную привязку, то на поверх-





Рис. 2. Диаграмма потоков данных  
Fig. 2. Data flow diagram



Параметры геологического нарушения, определенные по результатам проведения сбойки

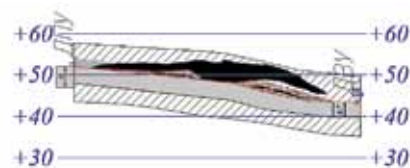


Рис. 3. Наличие геологического нарушения по результатам проведения сбойки  
Fig. 3. The presence of a geological disturbance based on the results of the failure

ность электронной карты будут нанесены сейсмопрофили с соответствующим расположением датчиков. По результатам обработанных атрибутивных данных мы получаем тематическую электронную карту, на которой будет отрисован деформированный угольный пласт с опорой на данные сейсморазведки.

Итоговый отчет, который может получить пользователь на выходе системы, включает в себя информацию о наличии или отсутствии дизъюнктивных нарушений в области проведения сейсморазведочных работ вместе с визуализацией залегания пластов в случае наличия деформаций, которые необходимо отразить на изображении.

По результатам анализа полученного отчета принимается решение, по какой технологии и каким горношахтным оборудованием провести отработку угольного пласта. В результате принимается решение о своевременном переходе на новый уровень в пределах выемочного участка. Пример части отчета представлен на рис. 3.

Для реализации предлагаемой информационной системы необходимо построить концептуальную модель данных. Модель базы данных представлена на рис. 4. При ее построении использовались данные, полученные как в результате реальных замеров показаний с сейсмотрасс, так и статические характеристики горных пород [10].



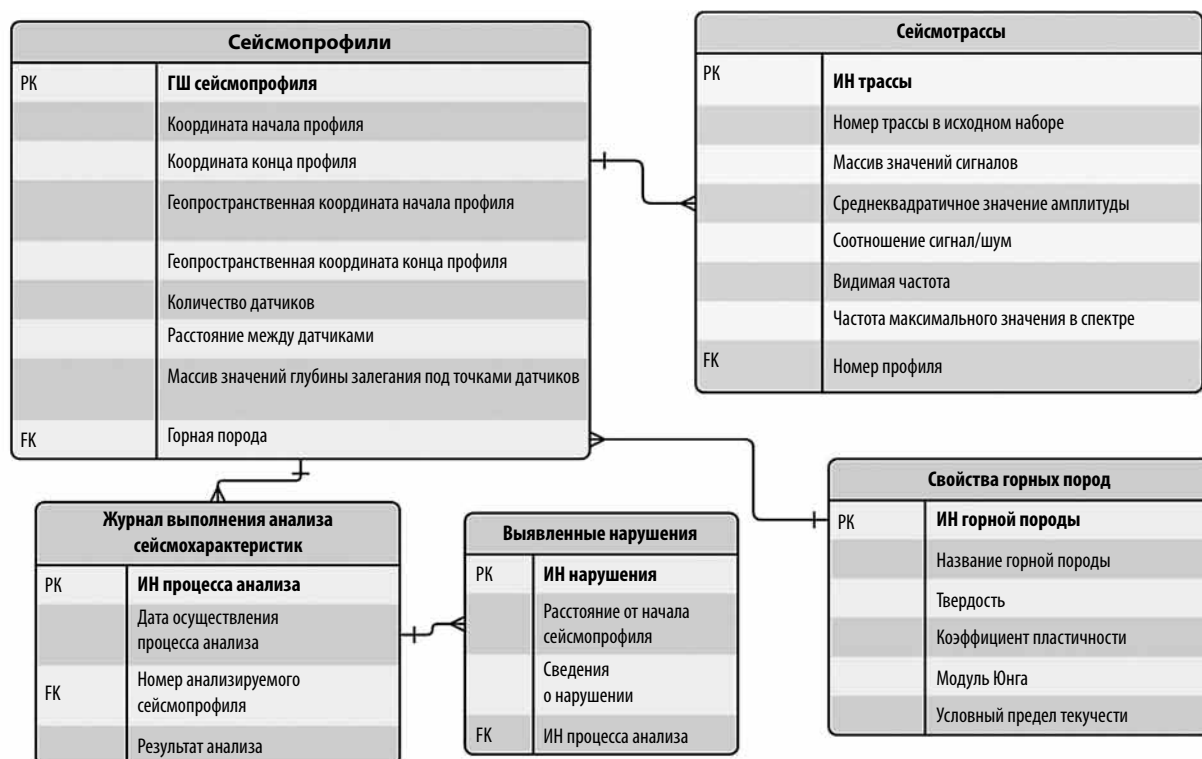


Рис. 4. ER-диаграмма базы данных

Fig. 4. Database ER Diagram

Из представленной диаграммы модели данных видно, что информация по профилям из исходных файлов сохраняется в отдельную сущность. В качестве атрибутов в ней сохраняются координаты профиля, в том числе геопространственные, сведения о расположении датчиков, массив значений глубины залегания под точками датчиков и указание горных пород массива. Обозначенные данные используются модулем при визуализации углепородного массива, а также нанесении на карту при осуществлении геопространственного отображения. Информация о свойствах горных пород, хранящаяся в отдельной сущности, позволяет более детализированно отобразить структуру недр земли.

Данные о сеймотрассах, которые хранятся в *seg*-файлах, относящихся к соответствующим сейсмопрофилям, вынесены в отдельную таблицу. Модулем вычисления сейсмических характеристик из нее извлекаются массивы значений сеймосигналов трасс, а затем в таблице сохраняются значения, используемые в дальнейшем для проведения анализа с помощью нейронной сети.

Журнал выполнения анализа сейсмохарактеристик хранит информацию, которая позволит идентифицировать процессы запуска анализа. Так, в нем хранятся дата, номер профиля, к которому относились сейсмоданные и вердикт по наличию или отсутствию дизъюнктивных нарушений. В случае выявления нарушений, сведения о них, а также их локация заносятся в соответствующую таблицу.

В качестве модуля визуализации целесообразно разработать программный модуль, позволяющий отобразить участок ведения горнодобывающих работ и его геопространственное положение на карте. Использование данного модуля позволит автоматизировать работу по по-

строению необходимых схем горных отводов, отображению выявленных нарушений на картах и избавит от необходимости использовать проприетарное программное обеспечение, разработанное зарубежными компаниями, такое как AutoCAD и др. В перспективе указанный модуль целесообразно интегрировать в разработанную «Систему управления мониторингом строительных работ на объектах, прошедших государственную экспертизу» для целей расширения функционала Системы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предлагаемая структура геоинформационной системы позволяет пользователю-специалисту на основании анализа данных сейсморазведки определять наличие или отсутствие дизъюнктивных нарушений горных пород в пределах исследуемой зоны ведения горных работ, строить тематические электронные карты с различными видами сечений горных пород. Это достигается за счет анализа сейсмических характеристик, рассчитываемых на основе значений амплитуд сигналов сейсморазведки, при помощи аппарата нейронной сети. На представленных схемах и диаграммах представлен предлагаемый вариант устройства проектируемой информационной системы относительно деления на модули и перемещения потоков данных. Актуальность данной информационной системы для угледобывающей промышленности оценивается довольно высоко, так как возможность превентивно определить наличие дизъюнктивных нарушений и, таким образом, скорректировать ход ведения горных работ по добыче угля позволяет повысить эффективность горнотехнических систем в области безопасности ведения горных работ.

## Список литературы

1. Общая геология: учеб. пособие / И.Г. Ермолович, О.Ю. Мещерякова, Е.С. Ушакова и др. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2018. 133 с.
2. Сашурин А.Д., Панжина Н.А. Влияние земных разломов на прочностные характеристики зданий и сооружений // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zemnyh-razlomov-na-prochnostnye-harakteristiki-zdaniy-i-sooruzheniy> (дата обращения: 15.10.2023).
3. Геофизика: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения. М.: «КДУ», «Добросвет», 2018. 324 с.
4. Коркин С.Е., Ходжаева Г.К. Геофизика. Учебное пособие. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2016. 128 с.
5. Костицын В.И., Хмелевской В.К. Геофизика: учебник. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2018. 428 с.
6. Соколов А.Г., Черных Н.В. Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых: учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2015. 143 с.
7. Гайнанов В.Г. Практикум по обработке данных сейсморазведки МОВ-ОГТ. Руководство к практическим занятиям по курсу «Сейсморазведка». М.: «КДУ», «Добросвет», 2018.
8. Sequence Attribute Analysis. [Электронный ресурс]. URL: [https://esd.halliburton.com/support/LSM/GGT/ProMAXSuite/ProMAX/5000/5000\\_8/Help/promax/ssaa.pdf](https://esd.halliburton.com/support/LSM/GGT/ProMAXSuite/ProMAX/5000/5000_8/Help/promax/ssaa.pdf) (дата обращения: 15.10.2023).
9. Киселев Д.Ю., Киселев Ю.В., Макарьев В.Д. Структурный анализ потоков данных. Самара: Изд-во СГАУ, 2014. 12 с.
10. Чен П.П-Ш. Модель «сущность – связь» – шаг к единому представлению о данных. [Электронный ресурс]. URL: <http://citforum.ru/database/classics/chen/> (дата обращения: 15.10.2023).

Original Paper

UDC 622.33:681.3 © I.Yu. Stepanov, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 113-119

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-113-119>

## Title

**DESIGNING AN INFORMATION SYSTEM FOR DETERMINING DESTRUCTIVE CHANGES IN THE CARBONIFEROUS MASSIF**

## Authors

Stepanov I.Yu.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Stepanov I.Yu.**, Postgraduate student, e-mail: [zextel1995@gmail.com](mailto:zextel1995@gmail.com)

## Abstract

The article considers one of the projects for digitalization of the coal industry – the design of an information system for finding disjunctive rock disturbances characterized by the presence of faults in the structure of a carboniferous massif, based on the results of seismic surveys. The use of the proposed information system will make it possible to preventatively determine the presence of such faults for making management decisions in order to ensure trouble-free, high-performance operation of the coal enterprise. Based on the results obtained, the coal mining process could be adjusted, which would have a positive impact on its efficiency and safety of the mechanized complex. The article presents the structure of a specialized geoinformation system that includes such a set of modules as: a module for calculating seismic characteristics, a 3D visualization module, a module for analyzing data using a neural network and a module for generating reports, and also describes their functionality and principle of operation. Then the functionality of the system was concretized by constructing a data flow diagram, which made it possible to display the order of processing data entering the system. As a result, a database model of the system was designed and an ER diagram was built, which details the entities used by the system to store both input data and data obtained as a result of the system operation, and their relationships with each other. Based on user requests, it is possible to generate reports in the desired form.

## Keywords

Geoinformation system, Digitalization of the coal industry, System design, Seismic exploration, Disjunctive disturbances.

## References

1. Ermolovich I.G., Meshcheryakova O.Yu., Ushakova E.S. & Shchukova I.V. General geology: studies. Manual. – Perm, Perm. state. National. research. un-t, 2018, 133 p. (In Russ.).
2. Sashurin A.D. & Panzhina N.A. The influence of Earth faults on the strength characteristics of buildings and structures. *Academicheskij vestnik UralNI-proekt RAASN*, 2010, (1). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zemnyh-razlomov-na-prochnostnye-harakteristiki-zdaniy-i-sooruzheniy> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

nie-zemnyh-razlomov-na-prochnostnye-harakteristiki-zdaniy-i-sooruzheniy (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

3. Geophysics: textbook, electronic edition of network distribution. Moscow, "KDU", "Dobrosvet", 2018, 324 p. (In Russ.).
4. Korokin S.E. & Khodzhaeva G.K. Geophysics. Textbook. Nizhnevartovsk, Publishing house of Nizhnevart. state University, 2016, 128 p. (In Russ.).
5. Kostitsyn V.I. & Khmelevskoy V.K. Geophysics: textbook. Perm, Perm. state National research. un-t., 2018, 428 p. (In Russ.).
6. Sokolov A.G. & Chernykh N.V. Geophysical methods of prospecting and exploration of mineral deposits: textbook. Orenburg, OSU, 2015, 143 p. (In Russ.).
7. Gainanov V.G. Workshop on the processing of seismic survey data MOV-OGT. A guide to practical classes on the course "Seismic exploration". The second edition, revised: textbook, electronic edition of network distribution. Moscow, "KDU", "Dobrosvet", 2018. (In Russ.).
8. Sequence Attribute Analysis. [Electronic resource]. Available at: [https://esd.halliburton.com/support/LSM/GGT/ProMAXSuite/ProMAX/5000/5000\\_8/Help/promax/ssaa.pdf](https://esd.halliburton.com/support/LSM/GGT/ProMAXSuite/ProMAX/5000/5000_8/Help/promax/ssaa.pdf) (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
9. Kiselev D.Yu., Kiselev Yu.V. & Makariev V.D. Structural analysis of data flows. Samara, Publishing House of SSAU, 2014, 12 p. (In Russ.).
10. Chen P.P.-Sh. The "entity – connection" model is a step towards a unified view of data. [Electronic resource]. Available at: <http://citforum.ru/database/classics/chen/> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

## Acknowledgements

The research performed under Agreement No. 075-15-2022-1195 dated 30.09.2022, signed between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kemerovo State University.

## For citation

Stepanov I.Yu. Designing an information system for determining destructive changes in the carboniferous massif. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 113-119. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-11-113-119](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-113-119).

## Paper info

Received September 29, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

ГЕОИНФОРМАТИКА

# Оценка влияния пульсирующей вентиляции на пылеосаждение орошением в горнодобывающем и перерабатывающем производстве

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-120-124>

## ФИЛИН А.Э.

Доктор техн. наук,  
профессор кафедры НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: [aleks\\_filin@bk.ru](mailto:aleks_filin@bk.ru)

## КУРНОСОВ И.Ю.

Старший преподаватель  
НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: [kurnosovilya@yandex.ru](mailto:kurnosovilya@yandex.ru)

## ТЕРТЫЧНАЯ С.В.

Канд. техн. наук,  
доцент кафедры НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: [tertychnaia.sv@misis.ru](mailto:tertychnaia.sv@misis.ru)

## КОЛЕСНИКОВА Л.А.

Канд. экон. наук,  
доцент кафедры НИТУ МИСИС,  
119049, г. Москва,  
ФГБОУ ВО «Российский  
экономический университет  
имени Г.В. Плеханова»,  
117997, г. Москва, Россия,  
e-mail: [luzu@yandex.ru](mailto:luzu@yandex.ru)

Создание компонентов железорудного концентрата на начальной стадии смешивания сопровождается образованием взвешенных частиц как рудничной пыли, так и пыли подготавливаемых компонентов железорудного концентрата. Данный процесс представляет серьезную проблему с точки зрения безопасности и здоровья работников, занятых на производстве, а также для сохранности оборудования. Для решения этой проблемы используют различные методы снижения запыленности воздуха, такие как установка фильтров, систем вентиляции и другие технологические решения. Применение пульсирующей вентиляции может быть эффективным способом борьбы с рудничной пылью агломерационного производства. Совместное использование пульсирующей вентиляции и жидкостного орошения позволит более эффективно улавливать и осаждать пыль при пересыпе рудничных компонентов, тем самым снижая риск поломки оборудования, заболеваний у работников и повышая безопасность производства по пылевому фактору.

В настоящей статье приведен описание и результаты эксперимента по осаждению пыли. Поскольку орошение жидкостным аэрозолем применяется на горнодобывающих производствах, для последующего сравнения были проведены эксперименты по осаждению пыли с применением жидкостного орошения и пульсирующей вентиляции. В результате проведения эксперимента было определено время осаждения пыли при орошении и время осаждения пыли при совместном использовании орошения и пульсирующей вентиляции, а для определения эффективности экспериментального метода пылеосаждения были построены зависимости средних концентраций пыли при различных условиях.

**Ключевые слова:** моделирование, рудничная пыль, пыль продуктов подготовки железорудного концентрата, пульсирующая вентиляция, жидкостное орошение, массоперенос, эксперимент по осаждению, жидкостный аэрозоль, пылевая аэрозоль.

**Для цитирования:** Оценка влияния пульсирующей вентиляции на пылеосаждение орошением в горнодобывающем и перерабатывающем производстве / А.Э. Филин, И.Ю. Курносов, С.В. Тertyчная и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 120-124. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-120-124.

## ВВЕДЕНИЕ

В качестве борьбы с загрязнением пылью на горно-металлургических предприятиях применяются разные способы и методы, включая использование систем вентиляции, фильтров, циклонов, а также систем пылеулавливания, пыле-

осаждения и пылеудаления [1, 2, 3]. Дополнительно могут применяться такие методы, как распыление жидкостного аэрозоля (в том числе и с применением ПАВ), пены, и др. Важно отметить, что эффективность этих мер по борьбе с пылью зависит от нескольких факторов, включая характеристики производственных процессов, тип используемого оборудования, конструктивные особенности помещений и другие факторы. Регулярная чистка и техническое обслуживание оборудования для минимизации выбросов пыли оказывают положительное влияние на производительность оборудования и повышают эффективность осаждения пыли [4]. Комплексное применение этих мер и комбинация различных методов и технологий [5] могут способствовать достижению максимальной эффективности в снижении запыленности воздуха в производственных зонах горнодобывающих [6] и металлургических предприятий [7, 8, 9].

Применение пульсирующей вентиляции может быть эффективным способом управления массопереносом аэрозолей и снижения запыленности в воздухе, однако на практике применение традиционного комплекса мероприятий по обеспыливанию воздуха производственной зоны все еще является основным способом снижения концентрации пыли в воздухе до предельно допустимого значения. Разработка новых и более эффективных методов снижения запыленности воздуха в горно-металлургической сфере является важной научной задачей, которая может быть решена путем сочетания различных технологий и инновационных подходов [1, 10, 11].

Поскольку эффективность метода пульсирующей вентиляции, применяющейся для удаления метана из шахт, а также для контроля массопереноса аэрозолей в различных отраслях промышленности, была доказана ранее, идея применения этого метода для осаждения рудничной пыли может быть весьма перспективной, так как пульсирующая вентиляция позволяет улучшить эффективность осаждения за счет искусственного создания интенсивных турбулентных потоков, способствующих осаждению частиц пыли [12]. Однако, как и любой метод, он требует дополнительного исследования и оптимизации под конкретные условия производства.

Для исследования данного метода была исследована возможность применения метода пульсирующей вентиляции для осаждения пыли компонентов подготовки железорудного концентрата и была создана экспериментальная база для моделирования процессов осаждения пыли. Для этого были проведены эксперименты по осаждению пыли и пылеводяного аэрозоля для определения начальных условий эксперимента, а затем проводились эксперименты по осаждению пыли продуктов подготовки железорудного концентрата с применением пульсирующей вентиляции и орошения [12]. Результаты экспериментов были определены и описаны в данной статье.

### СХЕМА И ПАРАМЕТРЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проведения эксперимента по осаждению пыли продуктов подготовки железорудного концентрата была разработана лабораторная установка (рис. 1).

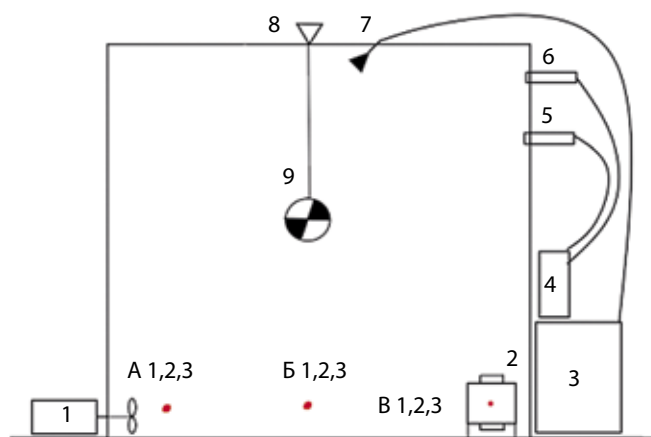


Рис. 1. Лабораторная установка для осаждения пыли со схемой проведения эксперимента: 1 – генератор воздушного потока; 2 – Аэрокон-П; 3 – генератор тумана; 4 метеометр; 5 – датчик влажности; 6 – датчик температуры; 7 – форсунка; 8 – засыпная воронка; 9 – воздушный пульсатор

Fig. 1. Laboratory setup for dust deposition with the experiment layout: 1 – air flow generator; 2 – Aerocon-P; 3 – fog generator; 4 meteorological meter; 5 – humidity sensor; 6 – temperature sensor; 7 – nozzle; 8 – filling hopper; 9 – air pulser

В качестве прибора для измерения осаждения пыли использовался измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц АЭРОКОН-П, предназначенный для измерения массовой концентрации пыли различного происхождения и химического состава. Поскольку эксперименты по осаждению пыли и пылеводяного аэрозоля проводились ранее (схема проведения эксперимента представлена на рис. 1 и подробно описана в предыдущих исследованиях), требовалось изучить процесс массопереноса пылеводяного аэрозоля совместно с применением метода пульсирующей вентиляции.

Для изучения процесса осаждения пыли продуктами подготовки компонентов железорудного концентрата была создана лабораторная установка (см. рис. 1).

Для измерения массовой концентрации аэрозольных частиц использовался прибор АЭРОКОН-П, который предназначен для измерения массовой концентрации пыли различного происхождения и химического состава. Поскольку ранее были проведены эксперименты по осаждению пыли и пылеводяного аэрозоля (схема проведения эксперимента представлена на рис. 1 и подробно описана в предыдущих исследованиях), было необходимо изучить процесс массопереноса пылеводяного аэрозоля с применением метода пульсирующей вентиляции [10].

В качестве устройства, моделирующего пульсирующую вентиляцию, был сконструирован пульсатор (рис. 1, 9), представляющий собой полимерную трубу диаметром  $D = 100$  мм и длиной  $l = 570$  мм. Площадь сечения данной трубы составляет  $S = 7,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>. С одной стороны трубы находится вентилятор, подающий воздух со скоростью – 5 м/с (расход воздуха  $L = 104$  м<sup>3</sup>/ч), а с другой – пульсатор. Пульсатор имеет в своей конструкции подвижный и статичный сегменты. Статичный сегмент имеет отвер-



стие площадью  $S = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ , а подвижный сегмент вращается с частотой от  $\nu = 168\text{-}191 \text{ об./мин}$  при медленном режиме и от  $\nu = 2300\text{-}2851 \text{ об./мин}$  при скоростном режиме. Схема работы пульсатора представлена на рис. 2.

Размеры частиц пыли, применяемой в эксперименте по осаждению, находятся в диапазоне от 1 до 40 мкм в соответствии с гранулометрическим анализом, проведенным в предыдущих исследованиях. Эксперимент по осаждению пылеводяного аэрозоля с применением метода пульсирующей вентиляции также проводился, исходя из данного анализа. Навеска пыли продуктов подготовки компонентов железорудного концентрата, используемая в экспериментах по осаждению пылеводяного аэрозоля с применением метода пульсирующей вентиляции, составляет  $m = 5 \text{ г}$  [12].

**ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОСАЖДЕНИЮ ПЫЛЕВОДЯНОГО АЭРОЗОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

При проведении эксперимента по осаждению пыли с применением пульсирующей вентиляции также учитываются параметры микроклимата, использующиеся в предшествующих экспериментах, и параметры пульсатора, описанного выше. Согласно проведенным экспериментам по осаждению пылеводяного аэрозоля пульсирующей вентиляцией удалось установить параметры пульсатора, позволяющие получить увеличение эффективности метода пылеосаждения орошением:

- скорость движения воздуха в воздуховоде пульсатора  $V_n = 5 \text{ м/с}$ ;
- частота вращения лопастей подвижного сегмента пульсатора  $\nu = 191 \text{ об./мин}$ ;

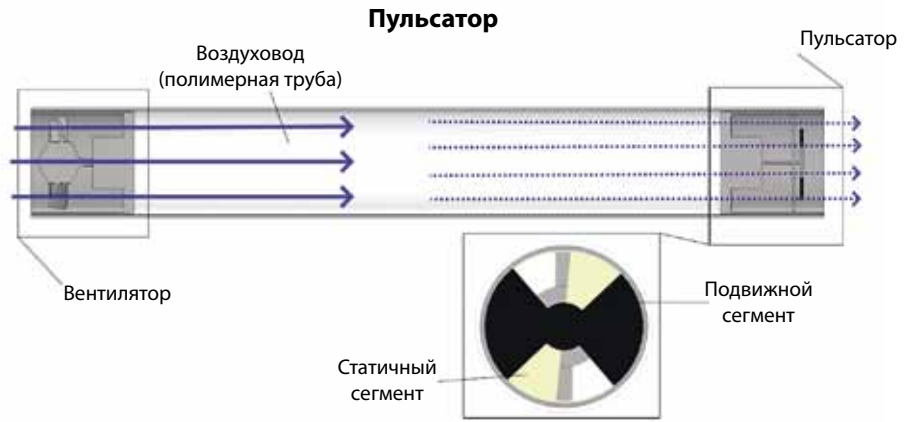


Рис. 2 Схема работы пульсатора, используемого в эксперименте  
Fig. 2. Schematic operation diagram of the pulsator used in the test

– площадь воздушных проемов пульсатора  $S_{в.п.} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Согласно описанным выше параметрам были получены значения концентрации при использовании двух форсунок. Однако при увеличении дисперсности частиц распыляемой жидкости (с 10 до 15 мкм) наблюдалось увеличение времени осаждения пылеводяного аэрозоля под воздействием пульсирующей вентиляции, когда при использовании форсунки меньшего диаметра (10 мкм) время осаждения пыли методом пульсации снижалось. Результаты проведенного эксперимента были сформированы в графики зависимостей и представлены на рис. 3.

Согласно рис. 3 среднее значение времени осаждения орошенной пыли с использованием пульсатора  $t = 960 \text{ с}$ . Разница во времени осаждения между двумя способами пылеосаждения составляет 155 с. Эффективность данного метода относительно традиционного метода пылеосаждения – 8%.

Для анализа проведенных экспериментов графики зависимости изменения концентрации пыли от проведенных ранее экспериментов были усреднены и наложены друг на друга. Сводный график изменения средних значений концентраций пыли от времени в условиях пылеосаждения, применения орошения (форсунка  $d = 10 \text{ мкм}$ ) и режима пульсирующей вентиляции приведен на рис. 4.

Согласно графику, приведенному на рис. 4, средние значения времени осаждения пыли, пылеосаждения орошением и пылеосаждения орошением с применением пульсирующей вентиляции составляет  $t = 1828 \text{ с}$ ,  $t = 1115 \text{ с}$  и  $t = 960 \text{ с}$  соответственно. Эффективность метода пылеосаждения пылеводяного аэрозоля относительно самостоятельного осаждения пыли составляет 40%, а эффективность пылеосаждения орошением с применением пульсирующей вентиляции – 48%.

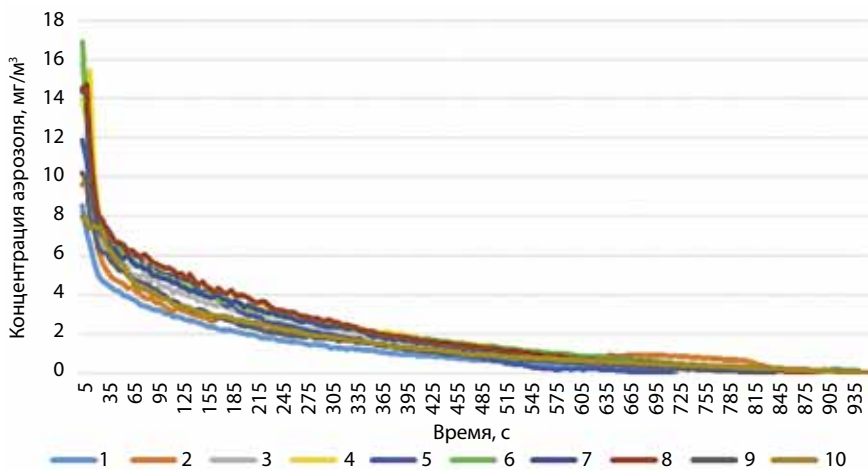


Рис. 3. График изменения концентрации пыли от времени при орошении (форсунка 10 мкм) совместно с пульсирующей вентиляцией  
Fig. 3. Graph of changes in dust concentration versus time with irrigation (10 μm nozzle) combined with pulsating ventilation

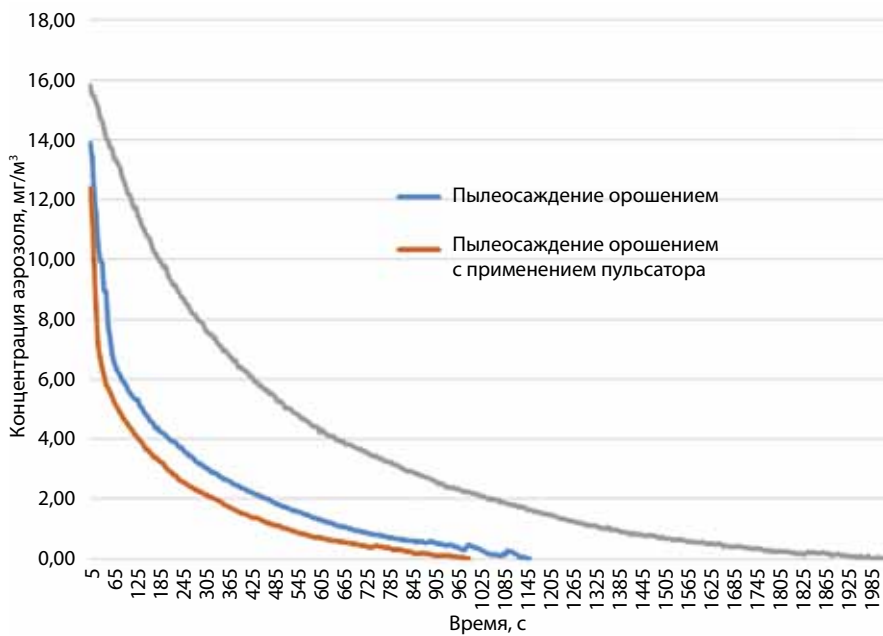


Рис. 4. График изменения концентраций пыли от времени в условиях пылеосаждения, применения орошения (форсунка 10 мкм) и режима пульсирующей вентиляции

Fig. 4. Graph of changes in dust concentrations versus time in conditions of dust deposition, with application of irrigation (10 μm nozzle) and pulsating ventilation mode

### ВЫВОДЫ

Согласно проведенным экспериментам по пылеосаждению было определено время осаждения пыли в лабораторном стенде при осаждении пылеводяного аэрозоля с использованием метода пульсирующей вентиляции. Исходя их предыдущих экспериментов, также определены начальные параметры микроклимата внутри лабораторного стенда (влажность воздуха  $\varphi = 25\text{--}30\%$ ; температура воздуха  $T = 22\text{--}25^\circ\text{C}$ ; скорость движения воздуха (генератор воздушного потока)  $v = 4\text{ м/с}$ ) и установки по орошению (форсунки диаметром  $d = 10$  и  $d = 15$  мкм; рабочее давление в системе подачи жидкости  $p = 5,4$  МПа; время распыления жидкостного аэрозоля  $t = 2$  мин).

Зафиксированы параметры пульсатора, использующегося при осаждении пылеводяного аэрозоля:

- скорость движения воздуха внутри воздуховода, подающегося на пульсатор –  $v_{\text{п}} = 5\text{ м/с}$ ;
- расход воздуха, проходящего через пульсатор  $L = 104\text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- частота вращения подвижного сегмента пульсатора  $\nu = 191\text{ об./мин}$ ;
- площадь воздушных проемов пульсатора  $S_{\text{в.п.}} = 3 \cdot 10^{-3}\text{ м}^2$ ;
- диаметр воздушного проема пульсатора  $D = 100\text{ мм}$ ;
- длина трубы пульсатора  $l = 570\text{ мм}$ .

При обработке данных экспериментов построены графики зависимостей усредненных значений концентрации пыли при осаждении пылеводяного аэрозоля с применением пульсирующей вентиляции. Согласно графикам, из настоящих и предыдущих исследований эффективность пылеосаждения с применением жидкостного орошения с форсункой  $d = 10$  мкм относительно процесса самоосаждения пыли ( $t = 30,5$  мин) составляет 40% (18,5 мин),

однако при использовании установки пульсирующей вентиляции эффективность осаждения составляет уже 48% ( $t = 16$  мин), что доказывает актуальность применения пульсирующей вентиляции для процессов осаждения пыли продуктов подготовки компонентов железорудного концентрата.

Основываясь на проведенных экспериментах, можно предположить, что время пылеосаждения, а вместе с тем и эффективность данного процесса могут зависеть от расхода воздуха, подаваемого в воздухопровод пульсатора. Следовательно, при увеличении расхода воздуха увеличивается эффективность пылеосаждения при описанных выше условиях. Для подтверждения данной теории будут проводиться дальнейшие эксперименты по изучению данного процесса.

### Список литературы

1. 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.
2. Родионов В.А., Карпов Г.Н., Лейсле А.В. Методологический подход к оценке взрывопожароопасных свойств сульфидсодержащих полиметаллических руд // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6-1. С. 198-213. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-61-0-198.
3. 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.
4. Обеспечение пылевзрывобезопасности подземных горных выработок в угольных шахтах: методы и современные тенденции / А.В. Корнев, А.А. Спицын, Г.И. Коршунов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 3. С. 133-149. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-3-0-133.
5. Куликова Е.Ю., Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Комплексная оценка геотехнических рисков в шахтном и подземном строительстве // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15. № 1. С. 7–16. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-7-16.
6. Курносов И.Ю. Оценка влияния параметров орошения на скорость пылеосаждения в горных выработках // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 3. С. 150–162. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-3-0-150.
7. Казюта В.И. Очистка газов ферросплавных печей в рукавных фильтрах // Сталь. 2022. № 4. С. 51-61.
8. Калимулина Е.Г., Темников В.В. Утилизация пылей аспирации сталеплавильного производства в АО «ЕВРАЗ НТМК» // Черные металлы. 2018. № 7. С. 38-40.

9. Andrew B. Cecala, Andrew D. O'Brien. Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing. CreateSpace Independent Publishing Platform. 2015. 312 p.
10. Развитие пульсирующей вентиляции в горном производстве / А.Э. Филлин, Т.И. Овчинникова, О.М. Зиновьева и др. // Горный журнал. 2020. № 3. С. 67-71. DOI: 10.17580/gzh.2020.03.13.
11. Analysis of strength and eigenfrequencies of a steel vertical cylindrical tank without liquid, reinforced by a plain composite thread / Timur Tursunkululy, Nurlan Zhangabay, Ulanbator Suleimenov et al. // Case Studies in Construction Materials. 2023. 18. e02019. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02019.
12. К вопросу моделирования процесса осаждения пыли для условий угольной шахты / А.Э. Филлин, И.Ю. Курносов, Л.А. Колесникова и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 67-72. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-67-72.

MINE VENTILATION

Original Paper

UDC 622.411.5 © A.E. Filin, I.Yu. Kurnosov, S.V. Tertychnaya, L.A. Kolesnikova, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 120-124  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-120-124>

**Title**  
**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF PULSED VENTILATION ON IRRIGATION DUST DEPOSITION IN MINING AND PROCESSING PRODUCTION**

**Authors**

Filin A.E.<sup>1</sup>, Kurnosov I.Yu.<sup>1</sup>, Tertychnaya S.V.<sup>1</sup>, Kolesnikova L.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Federal National Independent Educational Institution of Higher Education "National University of Science and Technology MISIS" (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

<sup>2</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 117997, Russian Federation

**Authors Information**

**Filin A.E.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: [aleks\\_filin@bk.ru](mailto:aleks_filin@bk.ru)

**Kurnosov I.Yu.**, Senior lecturer, e-mail: [kurnosovilya@yandex.ru](mailto:kurnosovilya@yandex.ru)

**Tertychnaya S.V.**, PhD (Engineering), Associate professor,

e-mail: [tertychnaia.sv@misis.ru](mailto:tertychnaia.sv@misis.ru)

**Kolesnikova L.A.**, PhD (Economic), Associate professor,

e-mail: [luzu@yandex.ru](mailto:luzu@yandex.ru)

**Abstract**

The creation of components for iron ore concentrate during the initial mixing stage is accompanied by the formation of suspended particles, including both mining dust and dust from prepared components of the iron ore concentrate. This process poses a significant challenge in terms of safety and health for workers involved in the production, as well as equipment integrity. Various methods are employed to mitigate airborne dust, such as the installation of filters, ventilation systems, and other technological solutions.

The application of pulsating ventilation can be an effective method to combat dust in agglomeration mining. The combined use of pulsating ventilation and liquid spraying allows for more efficient dust capture and deposition during the transfer of mining components, thereby reducing the risk of equipment breakdown, worker illnesses, and improving production safety in relation to dust-related factors.

This article presents a description and the results of a dust deposition experiment. Since liquid aerosol spraying is used in mining operations, experiments were conducted to compare dust deposition with liquid spraying and pulsating ventilation. The experiment determined the dust deposition time for spraying and the combined use of spraying and pulsating ventilation. To assess the effectiveness of the experimental dust deposition method, average dust concentration dependencies were constructed under various conditions.

**Keywords**

Modeling, Mining dust, Dust from prepared components of iron ore concentrate, Pulsating ventilation, Liquid spraying, Mass transfer, Dust deposition experiment, Liquid aerosol, Dust aerosol.

**References**

1. 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.
2. Rodionov V.A., Karpov G.N. & Leisle A.V. Methodological approach to the need to assess the explosion and fire hazard properties of sulfide-containing polymetallic ores. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2022;(6-1):198-213. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-61-0-198.

3. Zinovieva O.M., Kolesnikova L.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.

4. 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.

5. Kulikova E.Yu., Balovtsev S.V. & Skopintseva O.V. Complex estimation of geotechnical risks in mine and underground construction. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2023;15(1):7-16. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-7-16.

6. Kurnosov I.Y. Effect of operational parameters of spraying on dust suppression rate in roadways. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2023;(3):150-162. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-3-0-150.

7. Kaziuta V.I. Clearing ferroalloy furnaces gases in bag filters. *Stal*, 2022, (4), pp. 51-61. (In Russ.).

8. Kalimulina E.G. & Temnikov V.V. Utilization of aspiration dusts in steelmaking production at "EVRAZ NTMK" JSC. *Chernye metally*, 2018, (7), pp. 38-40. (In Russ.).

9. Andrew B. Cecala & Andrew D. O'Brien. Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015, 312 p.

10. Filin A.E., Ovchinnikova T.I., Zinovieva O.M. & Merkulova A.M. Advance of pulsating ventilation in mining. *Gornyi Zhurnal*, 2020, (3), pp. 67-71. DOI: 10.17580/gzh.2020.03.13. (In Russ.).

11. Timur Tursunkululy, Nurlan Zhangabay, Ulanbator Suleimenov, Khassen Abshenov, Akmaral Utebayeva, Arman Moldagaliev, Alexandr Kolesnikov, Zhansaya Turashova, Galymzhan Karshyga & Pavel Kozlov. Analysis of strength and eigenfrequencies of a steel vertical cylindrical tank without liquid, reinforced by a plain composite thread. *Case Studies in Construction Materials*, 2023, (18), e02019. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02019.

12. Filin A.E., Kurnosov I.Yu., Kolesnikova L.A., Ovchinnikova T.I. & Kolesnikov A.S. description of the methodology for conducting an experiment on dust deposition of mining and metallurgical production. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 67-72. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-67-72.

**For citation**

Filin A.E., Kurnosov I.Yu., Tertychnaya S.V. & Kolesnikova L.A. Assessment of the effect of pulsed ventilation on irrigation dust deposition in mining and processing production. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 120-124. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-120-124.

**Paper info**

Received August 31, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

УДК 622.271(73):550.814 © И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Г.И. Карачёва, Р.А. Шатров, Ю.А. Маглинец, А.А. Латынцев, С.Н. Скорнякова, Л.Н. Кузина, С.Ю. Новоженин, 2023

# Результаты работ по восстановительной экологии и охране окружающей среды при производстве открытых горных работ на месторождениях угля в Австралии по данным спутниковой съемки\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-125-128>

В статье представлены результаты исследования работ по восстановительной экологии при разработке месторождений угля открытым способом. В ходе дистанционного мониторинга выявлены основные направления работ по восстановительной экологии в области водных и земельных ресурсов. Отмечена высокая экологическая эффективность проведенных природоохранных мероприятий.

**Ключевые слова:** Австралия, карьеры по добыче угля, восстановительная экология, рекультивация нарушенных земель, водные и земельные ресурсы, охрана окружающей среды, дистанционное зондирование Земли из космоса.

**Для цитирования:** Результаты работ по восстановительной экологии и охране окружающей среды при производстве открытых горных работ на месторождениях угля в Австралии по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Г.И. Карачёва и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 125-128. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-125-128.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние три десятилетия объем добычи угля в Австралии увеличился в несколько раз. На материке предпочтение отдано открытому способу разработки угольных месторождений. Открытая разработка месторождений любых твердых полезных ископаемых, безусловно, наносит ущерб окружающей природной среде. Вместе с тем в Австралии ежегодно открытым способом добывают не менее 500 млн т угля в год, поэтому масштабы разрушения природных ландшафтов здесь определяются как весьма значительные. Как известно, над проблемами экологии угольной промышленности, занимающей лидирующее положение в мировом недропользовании в плане нанесения ущерба природной среде, работают профессиональные коллективы ученых-практиков на всех материках. Поэтому оценка работ в обла-

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

## ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор, профессор Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, заместитель директора по научной работе Сибирского научно-исследовательского института горного и маркшейдерского дела, 660037, г. Красноярск, Россия, e-mail: zenkoviv@mail.ru

## ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук, доцент Технического университета им. Ле Куи Дон, 11355, г. Ханой, Вьетнам

## КАРАЧЁВА Г.И.

Старший преподаватель Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, 660037, г. Красноярск, Россия

## ШАТРОВ Р.А.

Магистрант Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, Россия

## МАГЛИНЕЦ Ю.А.

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



**ЛАТЫНЦЕВ А.А.**

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

**СКОРНЯКОВА С.Н.**

Старший преподаватель  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**КУЗИНА Л.Н.**

Канд. экон. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**НОВОЖЕНИН С.Ю.**

Канд. техн. наук, доцент  
Санкт-Петербургского горного  
университета императрицы Екатерины II,  
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,

сти восстановления экологического баланса, выполняемых угледобывающими предприятиями на этом материке, на наш взгляд, считается актуальной. Исследовательскую часть было решено выполнить с привлечением данных дистанционного мониторинга как инструментария, позволяющего эффективно решать задачи на значительных по площади территориях. С появлением технологий дистанционного зондирования Земли из космоса спектр исследований значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

**ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ  
ПО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ  
И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ  
ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ**

Открытые горные работы в Австралии наиболее масштабно производят в двух штатах - Квинсленд и Новый Южный Уэльс. Здесь работает 91 карьер с различной производственной мощностью по горной массе. В штатах Виктория и Западная Австралия уголь добывают в двух и трех карьерах соответственно. В штате Южная Австралия открытые горные работы в 2016 г. завершены на трех разобщенных угленасыщенных участках с параллельным закрытием трех тепловых электростанций, работающих на сжигании угля [10].

По данным дистанционного мониторинга выявлены основные направления работ по восстановлению экологического баланса и охране окружающей среды на территориях с открытой добычей угля.

На стадии строительства капитальных горных выработок угледобывающие предприятия прокладывают новые русла ручьев, рек, протекающих в границах будущих горных отвалов. Наиболее масштабным примером является перенос русла реки протяженностью 8,1 км вдоль западного фланга отработанного карьера в штате Южная Австралия. Кроме того, откосы породных отвалов, отсыпанных при работе этого же карьера, были выположены бульдозером до углов 16-18° на заключительном этапе горных работ [10].

На территории горнопромышленных ландшафтов, сформированных при работе карьеров в штате Квинсленд, отмечено бережливое отношение к ручьям и рекам, протекающим на поверхности месторождений угля. Здесь вдоль фронта горных работ оставляют нетронутыми породные призмы шириной до 200 м поверху, верхняя плоскость которых – земная поверхность, по которой протекает ручей или река. Так, например, в границах карьера Saraji протяженностью 50,1 км оставлено пять таких призм с протекающими на их поверхности ручьями и реками [10].

В период производства горных работ в карьерах отсыпают внутрикарьерные породные перемычки для движения по их поверхности карьерных автосамосвалов. Перемычки, широко используемые в карьерах штата Квинсленд, создают как драглайнами, так и путем отсыпки вскрышных пород с борта автосамосвала. Формирование перемычек в глобальном понимании позволяет существенно (в два-три раза) сократить расстояние транспортировки вскрышных пород на отвалы, что автоматически приводит к сокращению объема потребляемого дизельного топлива и, как следствие этого, к уменьшению эмиссии вредных веществ в атмосферу при работе технологического автотранспорта.

Во всех штатах при разработке открытым способом месторождений угля, по данным космического мониторинга Земли, прослеживается тенденция размещения вскрышных пород в появляющемся по мере ведения горных работ выработанном пространстве карьеров. С позиции сокращения показателя землеемкости, определяемого отношением площади нарушаемых земель к объему угля, добытого в контурах этих земель, эффективным технологическим решением является обоснование порядка разработки угольных пластов.

## Перечень работ экологической направленности в угледобывающей промышленности Австралии

List of environmentally oriented activities in the Australian coal mining industry

Название штата	Работы и технологические решения по охране окружающей среды и восстановительной экологии
Западная Австралия	Выполаживание и обратная засыпка вскрышными породами откосов добычных уступов, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Квинсленд	Оформление целиков под ручьями и реками в контурах карьеров и отвалов, отсыпка внутрикарьерных породных перемычек, выполаживание и обратная засыпка вскрышными породами откосов добычных уступов в карьерах, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Новый Южный Уэльс	Оформление целиков под ручьями и реками в контурах карьеров и отвалов, порядок разработки угленасыщенных участков отсыпки породных отвалов с целью снижения землеемкости горных работ, выполаживание и обратная засыпка вскрышными породами откосов добычных уступов, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Виктория	Орошение поверхности отработанных пластов угля, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Южная Австралия	Перенос русла реки за контуры горного отвода карьера

Ярким примером этого является порядок ведения горных работ в карьере с координатами 32° 26' 36" ю. и 151° 04' 56" в., где в период с 2007 по 2022 г. два раза изменено направление подвигания борта карьера (юго-восточное, юго-западное, северо-западное). В результате в выработанное пространство карьера на место отработанного угольного пласта был уложен максимально возможный объем вскрышных пород. Горнопромышленный ландшафт, сформированный при разработке этого месторождения площадью 600 га состоит из породного отвала 425 га, на котором проведена высокоэффективная рекультивация, и остаточной карьерной выемки, в которой в ближайшие годы будет сформирован техногенный водоем. Кроме этого, при ведении горных работ широко применяется блочный способ отработки карьерных полей. В этом случае вскрышные породы из опережающего блока размещают в выработанном пространстве отстающего блока [10].

Как известно, в мировом недропользовании в результате открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых формируется горнопромышленный ландшафт из остаточных карьерных выработок и породных отвалов. В Австралии, как установлено по данным спутниковой съемки в длительном периоде, на породных отвалах угледобывающие предприятия систематически проводят работы по горнотехнической и биологической рекультивации. В результате породные отвалы принимают вид естественных ландшафтов с одним отличием – на отвалах отчетливо просматриваются автомобильные дороги, проложенные на горизонтальных межярусных площадках. Автодороги на отвалах служат для проезда колесной и гусеничной техники при поддержании в стабильном состоянии поверхности и геометрической формы отвалов, а также при уходе за созданным растительным покровом.

В остаточных карьерных выработках проводят следующий комплекс работ. Мощными бульдозерами производят выполаживание бортов карьеров с целью перекрытия угольных пластов от контакта с водой в тот период, когда в карьере будет сформирован техногенный водоем. Борты угольных карьеров небольшой глубины выполаживают при движении бульдозеров с земной поверхности в направлении дна карьера. В тех случаях, когда глуби-

на карьера значительная, засыпке подлежат пласты угля. При недостаточном объеме вскрышных пород их завозят в автосамосвалах либо с отвалов, либо с локальных карьеров на близлежащих территориях, которые впоследствии также рекультивируют. Отметим, что в штате Виктория на поверхности отработанного угольного пласта, не перекрытого вскрышными породами, монтируют водопроводную сеть, из которой орошают поверхности участков с остатками пласта, склонного к самовозгоранию [10].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование информации, полученной по данным спутниковой съемки, позволило изучить основные направления восстановительной экологии, охраны окружающей природной среды, а также выявить масштабы производства этих работ на территории многочисленных горнопромышленных ландшафтов, формируемых в ходе открытой разработки месторождений угля на территории Австралии. По данным дистанционного мониторинга Земли из космоса выявлена высокая социальная и экологическая ответственность собственников угледобывающих предприятий на территориях их присутствия. Кроме того, была установлена высокая эффективность проводимых природоохранных мероприятий и комплекса работ по восстановительной экологии.

### Список литературы

1. Озарян Ю.А., Бубнова М.Б., Усиков В.И. Методика дистанционного мониторинга природно-технических систем (в условиях горнопромышленных территорий юга Дальнего Востока России) // Горный журнал. 2020, № 2. С 84-87.
2. Крамаров С.О., Митясова О.Ю., Храмов В.В. Спутниковая идентификация объектов земной поверхности с использованием неортогонального описания исходных данных // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 4. С. 154-166.
3. Разработка системы анализа состояния окружающей среды в зонах расположения крупных промышленных объектов, хвостохранилищ и отвалов / Е.А. Лупян, А.М. Константинова, И.В. Балашов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. № 7. С. 243–261.

4. Ермаков Д.М., Деменев А.Д., Мещерякова О.Ю., Березина О.А. Особенности разработки регионального водного индекса для мониторинга воздействия изливов кислых шахтных вод на речные системы // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. № 6. С. 222-237.
5. Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Анищенко Ю.А. и др. Исследование результатов работ по лесовосстановительной экологии на породных отвалах угольных карьеров в регионах Ангаро-Енисейской Сибири // *Экология и промышленность России*. 2022. № 10. С. 45-51.
6. Mainstreaming remotely sensed ecosystem functioning in ecological niche models / A. Regos, J. Gonçalves, S. Arenas-Castro et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022. Vol. 8. Is. 4. P. 431-447.
7. E. Stoll, A. Roopsind, G. Maharaj et al. Detecting gold mining impacts on insect biodiversity in a tropical mining frontier with SmallSat imagery // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022. Vol. 8. Is. 3. P. 379-390.
8. Regional evaluation of satellite-based methods for identifying end of vegetation growing season / R. Shen, H. Lu, W. Yuan et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022. Vol. 8. Is. 3. P. 685-699.
9. Discrimination of Rock Units in Karst Terrains Using Sentinel-2A Imagery / N. Gizdavec, M. Gašparović, S. Miko et al. // *Remote Sens*. 2022. 14. 5169.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.10.2023).

## Original Paper

## ABROAD

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, G.I. Karacheva, R.A. Shatrov, Yu.A. Maglinets, A.A. Latyntsev, S.N. Skornyakova, L.N. Kuzina, S.Yu. Novozhenin, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 125-128  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-125-128>

## Title

**RESULTS OF REHABILITATION ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION DURING SURFACE MINING OPERATIONS AT COAL DEPOSITS IN AUSTRALIA BASED ON SATELLITE IMAGING DATA**

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2</sup>, Trinh Le Hung<sup>3</sup>, Karacheva G.I.<sup>1</sup>, Shatrov R.A.<sup>4</sup>, Maglinets Yu.A.<sup>4</sup>, Latyntsev A.A.<sup>4</sup>, Skornyakova S.N.<sup>4</sup>, Kuzina L.N.<sup>4</sup>, Novozhenin S.Yu.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660064, Russian Federation

<sup>3</sup> Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

<sup>4</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

<sup>5</sup> Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, 199106, 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

**Karacheva G.I.**, Senior lecturer

**Shatrov R.A.**, undergraduate

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

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

**Skornyakova S.N.**, Senior lecturer

**Kuzina L.N.**, PhD (Economic), Associate Professor

**Novozhenin S.Yu.**, PhD (Engineering), Associate Professor

## Abstract

The article presents the results of studying activities on rehabilitation ecology during surface mining of coal deposits. Remote monitoring revealed the main trends in rehabilitation ecology with respect to the water and land resources. High environmental efficiency of the conducted environmental protection measures was noted.

## Keywords

Australia, Coal pit mines, Rehabilitation ecology, Reclamation of disturbed lands, Water and land resources, Environmental protection, Earth remote sensing from space

## References

1. Ozaryan Yu.A., Bubnova M.B. & Usikov V.I. Methodology of remote monitoring of natural and technological systems (in conditions of mining areas in the south of the Russian Far East). *Gornyj zhurnal*, 2020, (2), pp. 84-87. (In Russ.).
2. Kramarov S.O., Mityasova O.Yu. & Khramov V.V. Satellite-based identification of land surface objects using non-orthogonal description of the initial data. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2021, (4), pp. 154-166. (In Russ.).
3. Lupyay E.A., Konstantinova A.M., Balashov I.V. et al. Designing an environmental analysis system in the areas of large-scale industrial facilities, tailings and waste dumps. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, (7), pp. 243-261. (In Russ.).

4. Yermakov D.M., Demenev A.D., Mescheriakova O.Yu. & Berezina O.A. Specific features in the development of a regional water index to monitor the impact of acid mine water effluents on the fluvial systems. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, (6), pp. 222-237. (In Russ.).

5. Zenkov I.V., Chin L.H., Anishchenko Yu.A. et al. Study of work product on reforestation on rock dumps of coal open-cuts in the area of Angara-Yenisei Siberia. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2022, (10), pp. 45-51. (In Russ.).

6. Regos A., Gonçalves J., Arenas-Castro S. et al. Mainstreaming remotely sensed ecosystem functioning in ecological niche models. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2022, Vol. 8, (4), pp. 431-447.

7. Stoll E., Roopsind A., Maharaj G. et al. Detecting gold mining impacts on insect biodiversity in a tropical mining frontier with SmallSat imagery. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2022, Vol. 8, (3), pp. 379-390.

8. Shen R., Lu H., Yuan W. et al. Regional evaluation of satellite-based methods for identifying end of vegetation growing season. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2022, Vol. 8, (3), pp. 685-699.

9. Gizdavec N., Gašparović M., Miko S. et al. Discrimination of Rock Units in Karst Terrains Using Sentinel-2A Imagery. *Remote Sens*, 2022, 14, 5169.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.10.2023).

## 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, Karacheva G.I., Shatrov R.A., Maglinets Yu.A., Latyntsev A.A., Skornyakova S.N., Kuzina L.N. & Novozhenin S.Yu. Results of rehabilitation ecology and environmental protection during surface mining operations at coal deposits in Australia based on satellite imaging data. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 125-128. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-125-128.

## Paper info

Received September 5, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023

# Экспресс-метод расчета разделения угольного шлама в классификационных гидроциклонах

С этого выпуска журнала проф. И.И. Углёв продолжает публикацию ответов на вопросы, задаваемые персоналом углеобогащительных фабрик, а также предлагает решение проблем, озвученных на научно-практических конференциях и выставках горного оборудования.

В данной статье рассматривается применение метода Грумбрехта для расчета разделения угольного шлама в классификационных гидроциклонах.

**Ключевые слова:** класс крупности угля, ситовый анализ, классификационный гидроциклон, пески и сливы гидроциклона, метод Грумбрехта.

**Контактная информация** – e-mail: [uglev@expert-coalprep.ru](mailto:uglev@expert-coalprep.ru).



## Можно ли оценить разделение шлама в классификационных гидроциклонах, если получены только данные ситовых анализов продуктов?

У нас на фабрике установлены блоки классификационных гидроциклонов диаметром 350 мм, которые по проекту должны делить угольный шлам класса 0-1 мм на пески 0,2-1 мм и слив 0-0,2 мм. Слив направляется на флотацию. Существует ли упрощенный метод расчета эффективности разделения шлама в гидроциклонах, чтобы определить количество шлама, идущего на флотацию. Получение всех необходимых данных для расчета баланса в условиях производства у нас вызывает трудности. Данные ситовых анализов накопительных проб питания, песков и слива классификационных гидроциклонов прилагаю.

Мастер основного производства ОФ, Кемерово

Для нахождения массовых выходов продуктов в классификационном гидроциклоне необходимо получить данные измерений плотности пульпы питания, песков и сливов гидроциклонов, выполнить ситовый анализ продуктов. Далее рассчитать балансы твердого, жидкого и зольности угольного шлама. Вы правы, что в условиях производства собрать все необходимые данные бывает трудно. Но существует простой и достаточно точный метод, позволяющий определять распределение угольного шлама (твердого) по продуктам, который использует математическую обработку только данных ситовых анализов. Я часто применяю этот метод для расчетов, который называется «методом Грумбрехта». К.Г. Грумбрехт – немецкий математик, который разработал и опубликовал свой метод в 1920-х годах.

При использовании метода Грумбрехта надо придерживаться двух математических условий. Первое условие: количество классов в ситовом анализе продуктов гидроциклона принимается равным минимуму пяти. Но желательно задавать большее количество классов при ситовом анализе пробы, так как это увеличивает точность расчетов. Второе условие: общие суммы выходов классов в питании и в каждом продукте гидроциклона по отдельности должны быть приведены к 100%.

В таблице приведены результаты промежуточных расчетов по методу Грумбрехта для ваших данных ситовых анали-

зов. Исходные данные заключены в левой части таблицы в колонках А, В, С.

В правой части таблицы приведены параметры, рассчитанные отдельно для каждого класса крупности: в колонке [D] – разность выходов классов в песках и сливе, в колонке [E] – разность выходов классов в питании и сливе, в колонке [F] – квадрат параметра [D], в колонке [G] – произведение параметров [D] и [E]. В нижней итоговой строке вычисляются суммы колонок [F] и [G].

Выход угольного шлама (твердого) в пески вычисляется по формуле:

$$Y_{\text{тв.пески}} = (\text{СУММ [G]} : \text{СУММ [F]}) * 100 = \\ = (1297,76 : 2592,94) * 100 = 50,05 (\%).$$

Тогда на флотацию приходится:  $100 - 50,05 = 49,95 (\%)$  от всего угольного шлама, поступающего на классификацию в гидроциклоны.

Таким образом, в ваших гидроциклонах угольный шлам по весу разделится пополам: одна половина попала в пески, и другая половина ушла в слив гидроциклона и далее на флотацию.

Обращаю внимание, что доля шлама > 0,5 мм, который считается крупным для флотации, согласно исходным данным таблицы в колонке (А), в питании флотации будет:  $(16,0 + 0,73 + 0,21) = 16,94 (\%)$ . Эффективность извлечения класса +0,5 мм в пески составляет 75,61%.

## Расчетные данные по методу Грумбрехта для разделения угольного шлама в классификационных гидроциклонах диаметром 350 мм

Класс частиц, мм	Весовое распределение классов в продуктах, %			Вычисления			
	Слив (А)	Пески (В)	Питание (С)	(В) – (А) [D]	(С) – (А) [E]	[D] <sup>2</sup> [F]	[D]*[E] [G]
>2	0,21	5,41	3,49	5,20	3,28	27,04	17,06
1 - 2	0,73	11,05	6,58	10,32	5,85	106,50	60,37
0,5 - 1	16,00	39,79	24,66	23,79	8,66	565,96	206,02
0,2 - 0,5	11,91	26,31	20,43	14,40	8,52	207,36	122,69
0,1 - 0,2	15,10	8,08	12,95	-7,02	-2,15	49,28	15,09
0,05 - 0,1	12,17	5,36	9,54	-6,81	-2,63	46,38	17,91
0 - 0,05	43,88	4,00	22,35	-39,88	-21,53	1590,41	858,62
<b>Итого:</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>			<b>2592,94</b>	<b>1297,76</b>



Как видим, рассмотренный метод, который относительно просто выполнить в таблице Excel, позволяет вычислить недостающие важные данные по массовому распределению продуктов в классификационном гидроциклоне.

Образец таблицы для расчета показателей разделения угольного шлама можно скачать по прилагаемому QR-коду.



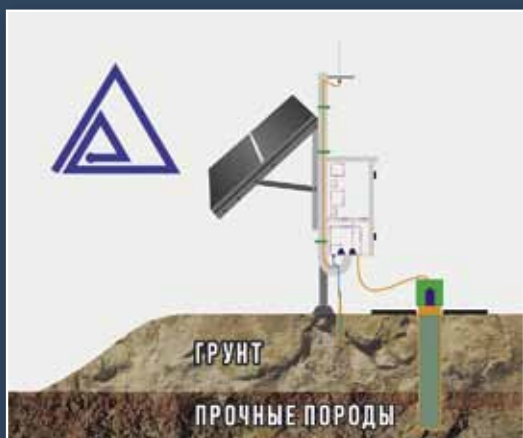


НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

# АЛЗАМИР

ПРЕДЛАГАЕТ:

мониторинг сейсмических процессов  
на базе системы  
«АЛЗАМИР-ГЕО»



Система «АЛЗАМИР-ГЕО» –  
уникальная отечественная разработка,  
позволяющая осуществлять  
микросейсмический мониторинг  
для позиционирования  
геомеханических событий на разрезе  
в трехмерной системе координат.

Сейсмостанции в составе  
«АЛЗАМИР-ГЕО» просты в монтаже  
и обслуживании.

Система построена на современных  
отечественных компонентах.

Программное обеспечение разработано  
IT-специалистами нашей компании.



Система «АЛЗАМИР-ГЕО» реализует требования  
п. 559 ФНиП от 10 ноября 2020 года N 436  
«Правила безопасности при разработке  
угольных месторождений открытым способом»

НПО «АЛЗАМИР» предоставляет весь комплекс услуг –  
от разработки проектной документации до внедрения и аутсорсинга.

Готовы предоставить всю подробную информацию:

📍 г. Кемерово, ул. Терешковой, 41/1 📞 +7 (3842) 49-29-92 ✉ [alzamir.prom@yandex.ru](mailto:alzamir.prom@yandex.ru)

