

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

# УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

# 11-2018



SEPARATION

## НОВЫЙ СТАНДАРТ В ОБЛАСТИ УНИВЕРСАЛЬНОГО, ЭФФЕКТИВНОГО И ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

ЛЕНТОЧНЫЙ ФИЛЬТРПРЕСС В ТЯЖЁЛОМ  
ИСПОЛНЕНИИ CPF-Q

РЕКЛАМА

В наиболее сложных производственных условиях, например на обогатительных предприятиях горно-добывающих комплексов, на химических предприятиях и других промышленных производствах, чрезвычайно важное значение

приобретает наличие надёжной системы обезвоживания для поддержания непрерывной работы и управления отходами. Поэтому при работе над новым ленточным фильтрпрессом CPF-Q (Quantum) мы использовали весь наш многолетний опыт. Это позволило нам создать

решение, отличающееся лучшими характеристиками из представленных на рынке на сегодняшний день - это самая высокая производительность, самые низкие эксплуатационные затраты и самый оптимальный уровень остаточной влажности.

**ENGINEERED SUCCESS**

Представительство ANDRITZ AG / Москва / Тел: +7 495 980 2327 / [separation.ru@andritz.com](mailto:separation.ru@andritz.com)

**ANDRITZ**

## Подписка на 2019 год

КАТАЛОЖНАЯ СТОИМОСТЬ (для России и СНГ), руб.				
Вид подписки	Индекс	1 мес.	6 мес.	Годовая
<b>РОСПЕЧАТЬ</b>				
– обычная	71000; 71736	500	3 000	6 000
– упаковками по 5 экз.	73422	2 000	12 000	–
<b>ПРЕССА РОССИИ</b>	87717; 87717Э; 87776	520	3 120	6 204
<b>КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ</b>	11538	706	4 235	–
<b>УРАЛ–ПРЕСС</b>	71000; 007097; 009901	400	2 400	4 800
<b>РЕДАКЦИЯ</b>				
– индивидуальная		400	2 400	4 800
– для организаций		650	3 900	7 800
– онлайн (макеты ПДФ)		650	3 900	7 800
– упаковками по 5 экз.	каждый экз. по 400 руб.	2 000	12 000	24 000
<b>СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДПИСКА</b>		Стоимость одного экземпляра (в месяц):		
Только через Редакцию – для работников и организаций угольной отрасли и учебных заведений		от 5 экз. – по 400 р., от 10 экз. – по 350 р., от 20 экз. – по 300 р., от 30 экз. – по 250 р.		

### ☐ ПОДПИСКА ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

- ✓ направить по e-mail: [ugol1925@mail.ru](mailto:ugol1925@mail.ru) заявку в произвольной форме, указав наименование организации, ИНН / КПП, юр. адрес, количество комплектов журналов, почтовый адрес доставки. Также подписку можно оформить на Интернет-сайте журнала по адресу: <http://www.ugolinfo.ru/podpiska.html>;
- ✓ затем оплатить подписку по счету.

### ☐ ПОДПИСКА НА ПОЧТЕ (в любом почтовом отделении связи)

## Тематический план журнала «УГОЛЬ»

Выставки, которым посвящается выпуск журнала (доп. тираж распространяется среди участников выставки)	Выпуск журнала	Срок подачи материалов в редакцию	Дата выхода журнала
Форум <b>Неделя горняка</b> (МИСиС, Москва) 100-летие Московского горного института <b>Итоги РЭН-2018</b>	№ 1–2019	10–15 декабря	15–20 января
Форум <b>ТЭК России в XXI веке</b> (Москва)	№ 2–2019	10–15 января	15–20 февраля
<b>MiningWorld Russia</b> (Москва) <b>Итоги работы</b> угольной отрасли за 2018 год	№ 3–2019	10–15 февраля	15–20 марта
<b>Уголь России и Майнинг</b> (Новокузнецк) <b>Metals &amp; Mining Russia</b> (Москва)	№ 4–2019	10–15 марта	15–20 апреля
<b>Уголь России и Майнинг</b> (Новокузнецк)	№ 5–2019	10–15 апреля	15–20 мая
Обзор форума <b>Неделя горняка</b> <b>Итоги работы</b> угольной отрасли за 1 кв. 2019 г.	№ 6–2019	10–15 мая	15–20 июня
<b>Итоги MiningWorld Russia</b>	№ 7–2019	10–15 июня	15–20 июля
<b>День шахтера</b> <b>Итоги Уголь России и Майнинг</b>	№ 8–2019	10–15 июля	15–20 августа
Обзор <b>Уголь России и Майнинг</b> <b>Итоги работы</b> угольной отрасли за 1 п/г. 2019 г.	№ 9–2019	10–15 августа	15–20 сентября
Обзор <b>Уголь России и Майнинг</b> (зарубежные участники)	№ 10–2019	10–15 сентября	15–20 октября
Обзор <b>Metals &amp; Mining Russia</b>	№ 11–2019	10–15 октября	15–20 ноября
<b>Итоги работы</b> угольной отрасли за 9 мес. 2019 г.	№ 12–2019	10–15 ноября	15–20 декабря

**Главный редактор**  
**ЯНОВСКИЙ А.Б.**

Заместитель министра энергетики  
Российской Федерации,  
доктор экон. наук

**Зам. главного редактора**  
**ТАРАЗАНОВ И.Г.**

Генеральный директор  
ООО «Редакция журнала «Уголь»,  
горный инженер, чл.-корр. РАЭ

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**АРТЕМЬЕВ В.Б.**, доктор техн. наук

**ВЕРЖАНСКИЙ А.П.**,

доктор техн. наук, профессор

**ГАЛКИН В.А.**, доктор техн. наук, профессор

**ЗАЙДЕНВАРГ В.Е.**,

доктор техн. наук, профессор

**ЗАХАРОВ В.Н.**, чл.-корр. РАН,

доктор техн. наук, профессор

**КОВАЛЬЧУК А.Б.**,

доктор техн. наук, профессор

**ЛИТВИНЕНКО В.С.**,

доктор техн. наук, профессор

**МАЛЫШЕВ Ю.Н.**, академик РАН,

доктор техн. наук, профессор

**МОХНАЧУК И.И.**, канд. экон. наук

**МОЧАЛЬНИКОВ С.В.**, канд. экон. наук

**ПЕТРОВ И.В.**, доктор экон. наук, профессор

**ПОПОВ В.Н.**, доктор экон. наук, профессор

**ПОТАПОВ В.П.**,

доктор техн. наук, профессор

**ПУЧКОВ Л.А.**, чл.-корр. РАН,

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

**ЩУКИН В.К.**, доктор экон. наук

**ЯКОВЛЕВ Д.В.**, доктор техн. наук, профессор

#### Иностранные члены редколлегии

Проф. Гюнтер АПЕЛЬ,

доктор техн. наук, Германия

Проф. Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ,

доктор техн. наук, Германия

Проф. Юзеф ДУБИНЬСКИ,

доктор техн. наук, чл.-корр. Польской

академии наук, Польша

Сергей НИКИШИЧЕВ, комп. лицо FIMMM,

канд. экон. наук, Великобритания, Россия,

страны СНГ

Проф. Любен ТОТЕВ,

доктор наук, Болгария

## ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в октябре 1925 года

#### УЧРЕДИТЕЛИ

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

#### НОЯБРЬ

11-2018 /1112/

# УГОЛЬ

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Якунчиков Е.Н., Агафонов В.В.

Проектирование высокопроизводительной отработки запасов выемочных участков  
угольных шахт в усложняющихся горно-геологических условиях \_\_\_\_\_ 4

Нургалиев Е.И., Майоров А.Е.

Технологические схемы возведения монолитных изоляционных сооружений  
горных выработок угольных шахт \_\_\_\_\_ 10

### ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Прокопенко С.А., Чехлар М.

Повышение эффективности разрушения горных пород спаренной работой резцов  
с разными наконечниками \_\_\_\_\_ 18

Бачурин Ю.И.

Продукты и технический аудит компании TOTAL – гарантия надежной  
и эффективной работы предприятий \_\_\_\_\_ 22

Линник Ю.Н., Линник В.Ю., Гарифуллин Ф.Ф.

Нагруженность и долговечность средств крепления резцов при износе гнезд  
резцедержателей угледобывающих комбайнов \_\_\_\_\_ 24

АО «СУЭК»

Апсатский угольный разрез осваивает новую технику \_\_\_\_\_ 30

Алиев С.Б., Сулеев Б.Д.

Исследование и расчет дискового фрезерного рабочего органа \_\_\_\_\_ 32

### БЕЗОПАСНОСТЬ

Шевченко Л.А.

Формирование аэрогазовой ситуации в протяженных конвейерных  
выработках угольных шахт \_\_\_\_\_ 36

АО «Новосибирский механический завод «Искра» подвело итоги работы  
за 9 месяцев 2018 года \_\_\_\_\_ 42

### РЕСУРСЫ

Васючков Ю.Ф.

Производство газового топлива в процессе подземной газификации  
газовых угольных пластов \_\_\_\_\_ 44

Абдрахимова Е.С.

Жаростойкий поризованный бетон на основе отходов углеобогащения,  
химии и фосфатного связующего \_\_\_\_\_ 48

### ТРАНСПОРТ

Егорова Т.П., Делахова А.М.

Оценка транспортно-транзитного потенциала железнодорожной инфраструктуры  
в зоне экономического развития Южной Якутии \_\_\_\_\_ 54

ООО «ПРОМТЕХСНАБ»

Профессиональная линейка смазочных материалов и специальных жидкостей  
для техники БЕЛАЗ \_\_\_\_\_ 61

### ЭКОНОМИКА

Панихидников С.А., Новоселов С.В.

Оценка и оптимизация энергетических затрат труда машинистов горно-выемочных машин  
очистных забоев – составная часть безопасности жизнедеятельности на шахтах России \_\_\_\_\_ 64

**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@land.ru

**Генеральный директор**

**Игорь ТАРАЗАНОВ**  
**Ведущий редактор**  
**Ольга ГЛИНИНА**  
**Научный редактор**  
**Ирина КОЛОБОВА**  
**Менеджер**  
**Ирина ТАРАЗАНОВА**  
**Ведущий специалист**  
**Валентина ВОЛКОВА**

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

**ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН**

в Перечень ВАК Минобрнауки и науки РФ  
(в международные реферативные базы  
данных и системы цитирования) –  
по техническим и экономическим наукам  
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,647  
(без самоцитирования – 0,528)  
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,385  
(без самоцитирования – 0,313)

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН  
в Интернете на веб-сайте

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

и на отраслевом портале  
«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

**www.rosugol.ru**

**НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:**

Ведущий редактор **О.И. ГЛИНИНА**  
Научный редактор **И.М. КОЛОБОВА**  
Корректор **В.В. ЛАСТОВ**  
Компьютерная верстка **Н.И. БРАНДЕЛИС**

Подписано в печать 02.11.2018.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 13,5 + обложка.

Тираж 4700 экз.

Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 6500 экз.

Отпечатано:

ООО «РОЛИКС»

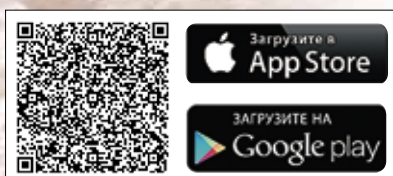
117218, г. Москва, ул. Кржижановского, 31

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 57768

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

**ЮБИЛЕИ**

Горный инженер – это звучит гордо! К 90-летию Николая Константиновича Гринько \_\_\_\_\_ 70

**ХРОНИКА**

Хроника. События. Факты. Новости \_\_\_\_\_ 73

**ВОПРОСЫ КАДРОВ**

АО «СУЭК»

На предприятиях СУЭК прошли Дни открытых дверей \_\_\_\_\_ 82

**ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ**

ВЕИР МИНЕРАЛЗ совместно с АНДРИТЦ извлекают пользу из хвостов \_\_\_\_\_ 84

**НЕДРА**

Жабин А.Б., Поляков А.В., Аверин Е.А.

О необходимости введения государственного стандарта для определения  
абразивности горных пород \_\_\_\_\_ 86

**ЭКОЛОГИЯ**

Лавриненко А.Т., Остапова Н.А., Сафронова О.С., Евсеева И.Н.

Способ выращивания древесно-кустарниковых пород для биологической рекультивации  
техногенных отвалов в аридных условиях Республики Хакасии \_\_\_\_\_ 92

Балакина Г.Ф., Куликова М.П.

Экологические проблемы формирования углепромышленной территории в Республике Тыва \_\_\_\_\_ 96

Мангатаев А.Ц., Бадмаев Н.Б., Гончиков Б.-М.Н., Куликов А.И., Ильин Ю.М., Сордонова М.Н.

Влияние окисленных бурых углей и минерализованных карьерных вод  
на агрофизические свойства каштановых почв Селенгинского среднегорья Забайкалья \_\_\_\_\_ 102

**Список реклам:**

ANDRITZ	1-я обл.	ContiTech Transportbandsysteme GmbH	35
Уголь Подписка-2019	2-я обл.	НПП Завод МДУ	41
Выставка China Coal & Mining Expo 2019	3-я обл.	МУФТА ПРО	43
Уголь Мобильное приложение	4-я обл.	ПРОМТЕХСНАБ	47
INTESMO	31	Выставка MiningWorld Russia	79

\* \* \*

**Журнал «Уголь» входит**

в международные реферативные базы данных и систем цитирования

**SCOPUS, GeoRef, Chemical Abstracts****Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF**

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

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

**Журнал «Уголь» является партнером EBSCO**

Редакция журнала «Уголь» имеет соглашение с компанией EBSCO Publishing, Inc. (США). Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных для академических библиотек по всему миру. EBSCO имеет партнерские отношения с библиотеками на протяжении уже более 70 лет, обеспечивая содержание исследований качества, мощные технологии поиска и интуитивные платформы доставки.

**Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»**

Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA) входит в топ-10 мировых электронных хранилищ научных публикаций и построена на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой являются популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований и повышение цитируемости российской науки. Это третья в мире электронная библиотека по степени видимости материалов в Google Scholar.

**Подписные индексы:**

– Каталог Роспечати «Газеты. Журналы» – **71000, 71736, 73422**

– Объединенный каталог «Пресса России» – **87717, 87776, 887717**

– Каталог «Российской прессы» – **11538**

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

**UGOL' / RUSSIAN COAL JOURNAL****UGOL' JOURNAL EDITORIAL BOARD****Chief Editor**

**YANOVSKY A.B.**, Dr. (Economic), Ph.D. (Engineering), Deputy Minister of Energy of the Russian Federation, Moscow, 107996, Russian Federation

**Deputy Chief Editor**

**TARAZANOV I.G.**, Mining Engineer, Moscow, 119049, Russian Federation

**Members of the editorial council:**

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

**VERZHANSKY A.P.**, Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 125009, Russian Federation

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**PUCHKOV L.A.**, Dr. (Engineering), Prof., Corresp. Member of the RAS, Moscow, 119049, Russian Federation

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

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

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

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

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

**SHCHUKIN V.K.**, Dr. (Economic), Ekibastuz, 141209, Republic of Kazakhstan

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

**Foreign members of the editorial council:**

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

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

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

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

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

**Ugol' Journal Edition LLC**

Leninsky Prospekt, 2A, office 819  
Moscow, 119049, Russian Federation

Tel.: +7 (499) 237-2223

E-mail: ugol1925@mail.ru

www.ugolinfo.ru

**MONTHLY JOURNAL, THAT DEALS WITH SCIENTIFIC, TECHNICAL, INDUSTRIAL AND ECONOMIC TOPICS**

Established in October 1925

**FOUNDERS**

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

**NOVEMBER  
11'2018**

**UGOL' / RUSSIAN  
COAL  
JOURNAL****CONTENT****UNDERGROUND MINING**

lakunchikov E.N., Agafonov V.V.

**Design of high-performance mining of coal mine reclamation sites in complicated geological conditions** \_\_\_\_\_ 4

Nurgaliev E.I., Mayorov A.E.

**Technological scheme of construction of monolithic isolating constructions at mining excavations of coal mines** \_\_\_\_\_ 10

**COAL MINING EQUIPMENT**

Prokopenko S.A., Cehlar M.

**Improving efficiency of rock destruction through twinned operation of various bit cutters** \_\_\_\_\_ 18

Bachurin Yu.I.

**Products and technical audit of TOTAL are the guarantee of reliable and efficient operation of enterprises** \_\_\_\_\_ 22

Linnik Yu.N., Linnik V.Yu., Garifullin F.F.

**Loading and durability of cutter holders in case of wear of coal production combine cutter slots** \_\_\_\_\_ 24

Aliiev S.B., Suleev B.D.

**Study and calculation of the disk-milling tool** \_\_\_\_\_ 32

**SAFETY**

Shevchenko L.A.

**Formation of the aerogasis situation in exposed conveyor processes coal mines** \_\_\_\_\_ 36

**RESOURCES**

Vasyuchkov Yu.F.

**Gas fuel production in the process of underground gas coal bed gasification** \_\_\_\_\_ 44

Abdrakhimova E.S.

**Heat resistant aerated concrete based on waste coal preparation, chemistry and phosphate binders** \_\_\_\_\_ 48

**TRANSPORT**

Egorova T.P., Delakhova A.M.

**Assessment and transit potential of railway infrastructure in the economic development zone of South Yakutia** \_\_\_\_\_ 54

**Professional line of lubricants and special liquids for the BELAZ** \_\_\_\_\_ 61

**ECONOMIC OF MINING**

Panihidnikov S.A., Novoselov S.V., Kulinkovich A.V.

**Assessment and optimization of energy costs of the work of drivers of mining and extraction machines of coal mine face treatment – an integral part of the safety of life in the treatment areas of coal mines in Russia** \_\_\_\_\_ 64

**ANNIVERSARIES**

**Mining Engineer! That has a proud sound! Grinko Nikolay Konstantinovich (to a 90-anniversary from birthday)** \_\_\_\_\_ 70

**CHRONICLE**

**The chronicle. Events. Facts. News** \_\_\_\_\_ 73

**COAL PREPARATION**

**WEIR MINERALS jointly with ANDRITZ, benefit from tailings** \_\_\_\_\_ 84

**MINERALS RESOURCES**

Zhabin A.B., Polyakov A.V., Averin E.A.

**Of the need to introduce a state standard for determination of rock abrasiveness** \_\_\_\_\_ 86

**ECOLOGY**

Lavrinenko A.T., Ostapova N.A., Safronova O.S., Evseeva I.N.

**A method of growing trees and shrub species for biological recultivation of technogenic dumps in the arid environment of the Republic of Khakassia** \_\_\_\_\_ 92

Balakina G.F., Kulikova M.P.

**Environmental problems of coal industry formation in the Republic of Tyva** \_\_\_\_\_ 96

Mangataev A.Ts., Badmaev N.B., Gonchikov B.-M.N., Kulikov A.I., Ilyin Yu.M., Sordonova M.N.

**Influence of oxidized brown coal and mineralized career water on change of castanozemets agrophysical properties of Selengian mediterranean of Transbaikalia** \_\_\_\_\_ 102

# Проектирование высокопроизводительной отработки запасов выемочных участков угольных шахт в усложняющихся горно-геологических условиях

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-4-9>



## ЯКУНЧИКОВ

**Евгений Николаевич**

Главный специалист  
отдела стратегического  
и текущего планирования АО «СУЭК»,  
115054, г. Москва, Россия,  
e-mail: lakunchikovEN@suek.ru



## АГАФОНОВ

**Валерий Владимирович**

Доктор техн. наук,  
профессор кафедры «Геотехнологии  
освоения недр»  
Горного института НИТУ «МИСиС»,  
119049, г. Москва, Россия,  
тел.: +7 (499) 230-94-66,  
e-mail: msmu-prpt@yandex.ru

Различие технологических ситуаций выемки угля вследствие изменения горно-геологических условий эксплуатации требует разработки и построения типовых частей технологических схем в модульном изложении с учетом новейших достижений в теории и практике подземной угледобычи. Рассмотрены основные концептуальные составляющие научно-методического обеспечения создания гибких и адаптивных технологий отработки нарушенных угольных пластов, сформулирована возможность рассмотрения методов ситуационного моделирования как одного из подходов к прогнозированию развития горных работ. Предложена процедура синтеза прогнозных ситуационных модели эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении горно-геологических условий в контуре выемочных единиц (участков) с использованием аппарата теории нечетких множеств.

**Ключевые слова:** угольная шахта, выемочный участок, условия эксплуатации, прогнозирование, ситуационное моделирование, нечеткие множества, лингвистическая переменная.

## ВВЕДЕНИЕ

Перспективными путями развития угледобычи в России, ориентированными на интенсификацию и концентрацию горных работ, в настоящее время можно обозначить следующие [1]:

- стратегический путь реализации новых тенденций геотехнологий, основанных на новых идеях, принципах и подходах с учетом специфических особенностей функционирования горнодобывающих предприятий в условиях рыночной среды и изменяющейся горно-геологической и горнотехнической обстановки;

- путь конкретизации и детализации последних достижений научно-технического прогресса на основе создания гибких технологий подземной угледобычи в сложных горно-геологических условиях [2].

Выявленное в результате длительного функционирования различных горнодобывающих предприятий в различных горно-геологических и горнотехнических условиях многообразие геологических, геомеханических и геотехнологических ситуаций вызвало необходимость рассмотрения множества вариантов принятия проектных решений и разработки процедур выбора оптимальных (рациональных) параметров соответствующих технологий.

## ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ ОТРАБОТКА ЗАПАСОВ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Многочисленная изменчивость технологических ситуаций в выемочных полях и столбах автоматически обозначила необходимость разбивать их на зоны, которые в свою очередь потребовали изменения технологических режимов выемки угля. Соответствующая паспортизация, инвентаризация и типизация таких зон с только им соответствующими технологическими решениями по выемке привели к разработке и построению типовых частей технологических схем в модульном изложении, причем инвариантность модульного комплекса технологической схемы придает гибкость и адаптивность самой технологии в условиях неопределенности и изменчивости информации и технологической ситуации [3].

До конца 1970-х годов преобладающими были единый подход и концепция к технологиям выемки угля как

к методологии, направленной на реализацию в относительно стабильных горно-геологических и горнотехнических условиях. Этим и объясняется тот факт, что в настоящее время в стремительно короткие сроки были отработаны месторождения с благоприятными и технологичными условиями разработки. Данный подход был реализован достаточно полно, так как концептуальные теоретические положения, которые легли в его основу, имеют в настоящее время относительно законченный вид, а практические наработки позволяют достигать высоких технико-экономических показателей на базе последних достижений в технических средствах выемки угля.

Отличительной особенностью отработки запасов угленосных месторождений является довольно широкий интервал изменчивости условий эксплуатации, качественных и количественных параметров и направлений использования и переработки продукции на угольной основе. В пределах площади месторождения обычно залегают пласты различной мощности, зольности, с различными углом залегания, теплотворной способностью, газоносностью, водообильностью, нарушенностью и т.д.

В данных условиях технические средства и технология угледобычи, а также направления потребления и использования угля априори не могут быть неизменными по всем пластам, на значительной площади распространения. Одновременно с этим тенденции эффективного извлечения и потребления угля формируют необходимость унификации соответствующих геотехнологий добычи. Значительные масштабы изменчивости условий эксплуатации снижают степень унификации используемого горнодобывающего оборудования.

Исследования, проведенные в области функционирования выемочных участков как технологических объектов показывают, что в целом процессы добычи угля представляются весьма сложными для прогнозирования.

Для уточнения понятия «сложность» выделяются составляющие, связанные с многомерностью, нестационарностью, стохастичностью и пространственной распределенностью добычного комплекса «очистные работы».

Исходя из этого, при проектировании и конструировании технологической схемы выемочного участка в процесс вовлекается определенный объем различной информации, функционально имеющей нечеткую природу, что в свою очередь формирует степень нечеткой неопределенности.

С увеличением за последние 20-30 лет геометрических размеров обрабатываемых выемочных столбов и соответственно возросшего объема извлекаемых запасов угля четко проявилась уникальность каждого угольного пласта по своей гипсометрии, морфологии, физико-механическим свойствам и геомеханическим особенностям взаимодействия средств выемки с вмещающими породами.

Анализ совокупности технологических решений, представленных в виде графических моделей прогрессивных технологических схем для угольных шахт, подтверждает неизменность и ограниченность принципиальных пространственно-планировочных решений, геометрических очертаний выемочных столбов, тогда как практика работы угледобывающих предприятий показала, что изме-

нение горно-геологических условий вынуждает выемочный столб не только многократно менять свои очертания, но и в соответствующем режиме перестраивать операции и процессы выемки, транспортировки угля и управления кровлей.

Таким образом, очевидно, что совершенствование статичной регламентации технологических процессов выемки угля не приведет в дальнейшем к росту производительности труда и повышению технико-экономических показателей, так как учтенные в ней стабильные условия в длинных выемочных столбах носят в настоящее время ограниченный характер.

В связи с вышеизложенным, разработка научно-методических положений создания гибких и адаптивных технологий отработки нарушенных угольных пластов является актуальной научно-производственной задачей.

Для этого задействуется комплекс методов исследований, включающий: анализ сложных систем для создания алгоритма декомпозиции и оценки адаптивности элементов традиционных технологических схем к условиям нарушенных угольных месторождений; аналогию геомеханических, газодинамических и технологических процессов разработки угольных пластов; идентификацию элементов традиционной и перспективных технологий подготовки и отработки, выемочных полей и участков нарушенных угольных пластов; синтез адаптивных к условиям нарушенных угольных месторождений элементов угледобычи; технолого-экономическое моделирование для обоснования области применения гибких технологических схем отработки нарушенных участков выемочных полей [4].

Концептуальные составляющие научно-методического обеспечения заключаются в следующем:

- уровень детализации в алгоритме декомпозиции структуры технологии угледобычи в сложных горно-геологических условиях оценивается по критерию соответствия множества выделенных процессов и операций множеству пересекающихся условий разработки угольных месторождений;
- механизмы геомеханических, газодинамических и технологических процессов в интервале изменения горно-геологических условий соответственно подобны, и параметры процессов в изменяющихся горно-геологических условиях можно определить по функциям подобия, установленным по ретроспективным данным, полученным на шахтах-аналогах, работающих в пределах этого интервала;
- эффективность и безопасность отработки запасов угольных пластов обеспечиваются применением следующего многообразия альтернативных вариантов технологических схем: поточные подготовка и отработка выемочных полей и участков; варьирование пространственно-временного взаимодействия технологических элементов и процессов; пластовая или полевая подготовка; прямой или обратный порядок отработки выемочного столба; проведение выработок встречными или догоняющими забоями; дегазация и изолированный отвод метана; сокращение количества и сроков эксплуатации выработок в зоне влияния очистного выработанного пространства; панельная подготовка и система разработки длинными столбами по простиранию; струговая или комбайновая выемка угля;

– выбор области рационального применения технологической схемы поточных подготовки и отработки выемочных полей и участков угольных шахт следует осуществлять на основе объективно ориентированного технолого-экономического моделирования с ограничениями глубины разработки по предельным санитарно-гигиеническим условиям и адаптации высокопроизводительного очистного оборудования к изменяющимся горно-геологическим условиям [5].

Обозначенные выше характеристики процессов угледобычи объективизируют настоятельную потребность в использовании методов ситуационного моделирования как основного инструмента прогнозирования развития горных работ. Ближе всего к ситуационному моделированию находятся разделы математики, связанные с имитационным моделированием, программированием и системным анализом.

Ситуационное моделирование опирается на строгую доказательность теоретических основ и подходов с дополнительными средствами варьирования исходных условий, что в определенной степени нивелирует формальные ограничения.

Учитывая техническую точку зрения, данное дополнение как формальный инструмент моделирования сформировалось и развилось в последнее время благодаря появлению соответствующих компьютерных приложений (объектно-ориентированное программирование, case-технологии, наличие графического интерфейса и других средств визуализации исходных и конечных данных).

Как следствие, на реализацию тех или иных составляющих адаптируется сугубо своя теоретическая методологическая составляющая: либо вероятностное моделирование, либо аппарат нечеткой логики. В связи с этим ситуационное моделирование становится более доступным и более корректным с точки зрения теоретической научной обоснованности.

В рамках этой методологии шахтное поле ассоциируется со сложной системой, имеющей связи внутренней и внешней направленности, в обязательном порядке учитывающая дизъюнктивные и пликативные нарушения, пространственно-планировочную сеть горных выработок, зоны с повышенным горным давлением, газоопасностью, выбросоопасностью, удароопасностью, самовозгораемостью угля и т.д.

Функциональная структура этой системы учитывает взаимное пространственное и временное расположение и учет элементов горно-геологического и технологического плана: выемочных блоков, столбов, панелей, горных выработок, охранных и предохранительных целиков и т.д. Выемочные элементы угольного пласта в системе функциональной структуры представляют геологические модули, увязанные со структурой технологических модулей.

В рамках данной концепции шахтное поле последовательно наращивает функциональную структуру новыми и обновленными модулями (блоками) в рамках заявленного этапа проектирования.

Длительность данного этапа проектирования в рамках оптимизационной составляющей составляет около 15-20 лет – именно за этот промежуток времени проис-

ходит кардинальный скачок в изменении техники и технологии угледобычи в рамках эволюционного развития научно-технического прогресса. Такой порядок проектирования и отработки запасов позволяет на каждом этапе наращивания функциональной структуры оптимально менять направления границ выемочных блоков и обновлять внутреннее технологическое и техническое насыщение и наполнение.

Такой подход позволяет в принципиально короткие сроки реализовать процесс построения пространственной задачи наиболее сложных участков-блоков шахтного поля.

На угольных предприятиях в настоящее время приобретает особое значение обоснованный выбор очистных механизированных комплексов. Это объясняется тем, что нередко к использованию принимаются очистные комплексы, имеющиеся в наличии, без должного учета их соответствия по основным параметрам постоянно усложняющимся горно-геологическим и горнотехническим условиям.

При этом обоснованный выбор очистного оборудования позволяет решить множество проблем:

- достижение высоких темпов добычи угля;
- повышение качества добываемого угля;
- более высокая безопасность при ведении очистных работ.

Реализация данной задачи в исходной постановке с учетом теоретических и практических исследований в данной области должна включать следующие составляющие:

- оценка геологической информации, детальный геотехнический анализ, создание аналитической базы данных для определения необходимых силовых, конструктивных и кинематических параметров очистного оборудования;
- анализ существующих методов расчета и определения силовых, конструктивных и кинематических параметров существующего очистного оборудования;
- выбор направлений и методов повышения уровня приспособляемости и адаптивности высокопроизводительного оборудования (определение силовых, конструктивных и кинематических параметров очистного оборудования в конкретных горно-геологических условиях, прогнозирование и моделирование параметров в изменяющихся горно-геологических условиях длинных систем);
- оценка, анализ и обоснование направлений повышения эффективности производственного потенциала шахт;
- разработка методов определения силовых, конструктивных и кинематических параметров очистного оборудования в зависимости от горно-геологических условий эксплуатации;
- разработка метода и алгоритма прогноза адаптации очистного оборудования в различных горно-геологических условиях;
- разработка методологии прогнозирования необходимых силовых параметров, исходя из горно-геологической информации;
- разработка практических рекомендаций по совершенствованию и использованию существующего очистного оборудования.

В связи с этим требуется выполнить анализ существующих методик расчетов определения силовых, конструктивных и кинематических параметров очистного оборудо-



дования в зависимости от горно-геологических условий и обозначить требования к основным конструктивным особенностям.

На основе проведенного анализа будут разработаны методики и алгоритм определения силовых и конструктивных параметров очистного оборудования с учетом закономерностей их взаимодействия с вмещающими породами.

В качестве основополагающей цели при этом заявляется установление влияния комплекса горно-геологических и горнотехнических условий участков шахтных полей сложной конфигурации на эффективность очистной выемки для обоснования и совершенствования технологий интенсивной отработки этих участков, что обеспечит повышение полноты извлечения запасов шахтных полей.

Использование гибкой технологической схемы на различных этапах отработки запасов месторождения позволяет обеспечить рационализацию природопользования и повысить полноту извлечения запасов до приемлемого уровня.

Для принятия решений на стадии планирования технико-экономических показателей функционирования очистного механизированного комплекса в настоящее время используются детерминированные модели, учитывающие лишь неопределенность стохастической природы. В этой связи решение задачи прогнозирования лишь на основе использования экспериментально-статистических данных о режимах работы уже функционирующих аналогичных объектов, то есть априорной информации, не обеспечивает получение приемлемых прогнозных результатов.

Для решения задачи моделирования динамики развития горных работ при добыче угля предлагается осуществить синтез прогнозной ситуационной модели эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении горно-геологических условий в контуре выемочных единиц (участков) с использованием аппарата теории нечетких множеств, так как понятия индивидуальных технико-экономических показателей работы добычного оборудования используются в качестве формализации интуитивных представлений экспертов при планировании деятельности горнодобывающих предприятий [6].

Для практической реализации прогнозной ситуационной модели эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении горно-геологических условий отработки запасов угольного месторождения был выбран программный продукт FuzzyTECH 5.54 [7].

При реализации процесса синтеза модели были назначены входные и выходные переменные лингвистической направленности с соответствующими терминами (числовые значения функций принадлежности были получены экспертным путем).

Затем были определены продукционные правила нечеткого вывода, в соответствии с которыми производится оценка остаточного ресурса работоспособности очистного механизированного комплекса.

При анализе влияния изменений горно-геологических условий освоения отработки запасов угольных месторождений на технико-экономические показатели работы очистного оборудования используется программа просмотра поверхности нечеткого вывода [8]. На рис. 1, 2 представлены зависимости износа структурных элементов очистного механизированного комплекса от изменчивости горно-геологических условий освоения запасов угольных месторождений.

Для эксплуатации прогнозной модели эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении горно-геологических условий отработки запасов была сформирована 3D-модель выемочного участка в ГИС Geovia Surpac 6.03. Затем был произведен экспорт в текстовый файл данных о горно-геологических условиях освоения георесурсного потенциала месторождения [9]. Данные о характеристиках горно-геологических условий представлены в виде ассоциированных с каждым 3D-блоком модели набора атрибутов в соответствии с определенными ранее лингвистическими переменными ситуационной модели. Прогнозирование конкретных значений атрибутов каждого 3D-блока производилось стандартными инструментами ГИС Geovia Surpac 6.03 [10].

После реализации прогнозной модели на основании импортированных данных осуществляются моделирова-

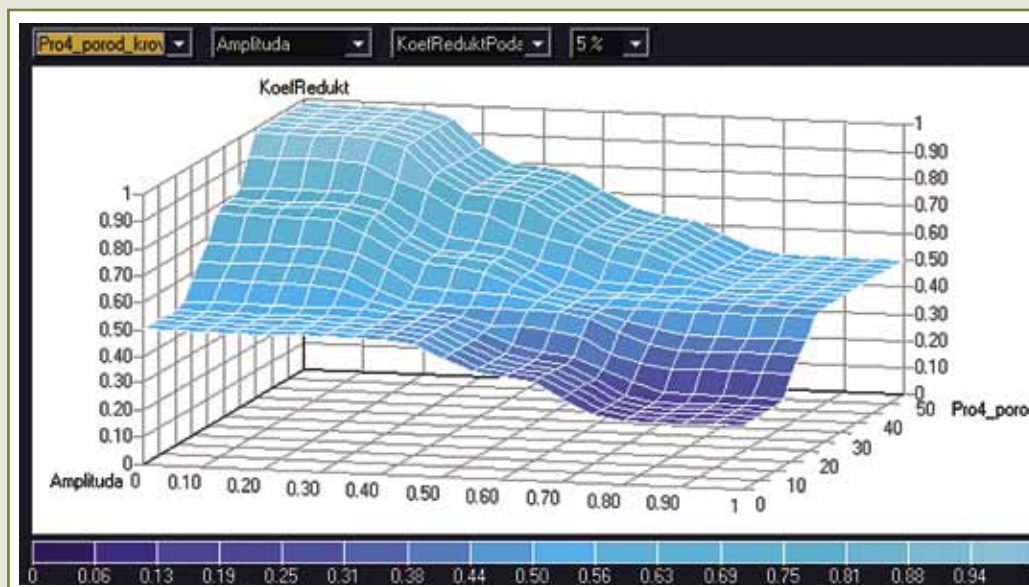


Рис. 1. Зависимость выходной лингвистической переменной «Ресурс работоспособности очистного механизированного комплекса» от входных лингвистических переменных «Амплитуда геологического нарушения» и «Устойчивость непосредственной кровли»

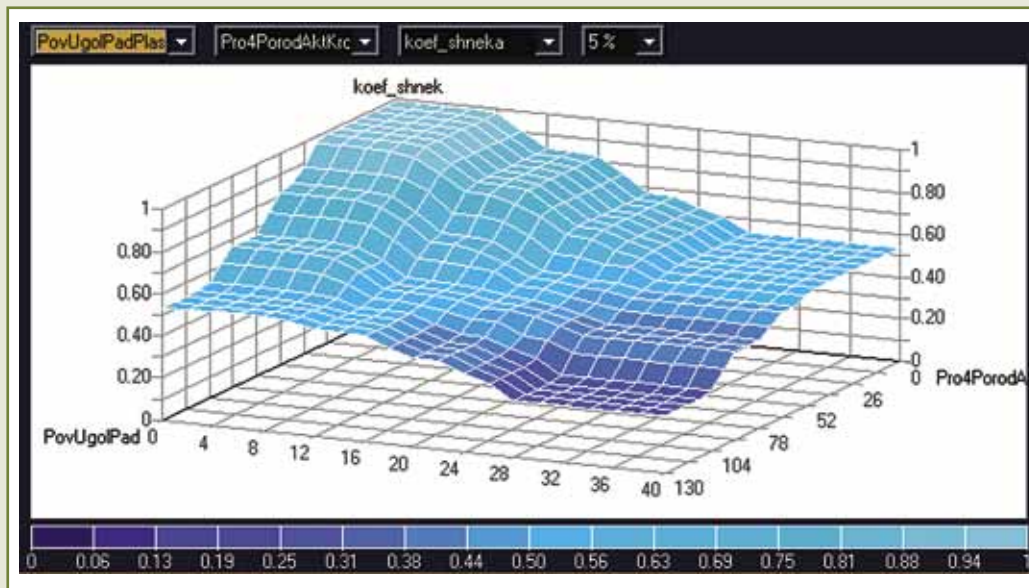


Рис. 2. Зависимость выходной лингвистической переменной «Ресурс работоспособности выемочной машины очистного механизированного комплекса» от входных лингвистических переменных «Угол залегания пласта» и «Сопротивляемость угля резанию»

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Y	Z	Ustoich_zaboya	Pro4_porod_krov	PloshadRazmZaboya	Amplituda	poprav_koef
2	0.5000	0.5000	0.5000	0,3	17	7	0,3	0,88406
3	0.5000	1.5000	0.5000	0,7	10	15	0,6	0,32634
4	1.5000	0.5000	0.5000	0,4	25	30	0,7	0,7399
5	1.5000	1.5000	0.5000	0,5	18	17	0,4	0,40968
6	0.5000	2.5000	0.5000	0,8	11	10	0,9	0,368
7	0.5000	3.5000	0.5000	0,2	13	26	0,5	0,34276
8	1.5000	2.5000	0.5000	0,7	21	8	0,8	0,45972
9	1.5000	3.5000	0.5000	0,6	14	14	0,7	0,37214
10	2.5000	0.5000	0.5000	0,9	27	23	0,5	0,51224
11	2.5000	1.5000	0.5000	0,1	16	6	0,4	0,43566

Рис. 3. Файл экспорта результатов эксплуатации прогнозной ситуационной модели эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении горно-геологических условий отработки запасов в виде поправочных коэффициентов к нормативным значениям

ние зависимости технико-экономических показателей и их прогноз в виде поправочных коэффициентов к нормативным значениям (рис. 3).

Комплексная апробация прогнозной модели применительно к условиям отработки выемочных столбов шахты имени В.Д. Ялевского подтвердила ее работоспособность, что явилось основанием для рекомендации к использованию модели в практике оптимизации проектов высокопроизводительной отработки запасов выемочных участков.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование прогнозной модели эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении горно-геологических условий отработки запасов открывает возможность для постепенного и последовательного перехода к принципу планирования и управления «по моделированию динамики развития горных работ», что существенно снижает «цену ошибок» при принятии неоптимальных решений.

### ВЫВОДЫ

В настоящий период недропользования обозначилась явная тенденция существенного обновления нормативно-методической базы проектирования технологических схем отработки запасов шахтных и выемочных полей с учетом усложняющихся горно-геологических и горно-

технических условий и новейших достижений в области научно-технического прогресса.

Моделирование динамики развития горных работ при добыче угля предполагает синтез прогнозной ситуационной модели эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении горно-геологических условий в контуре выемочных единиц (участков) с использованием аппарата теории нечетких множеств.

После ввода в прогнозную ситуационную модель эффективности функционирования комплексов очистного оборудования при изменении условий эксплуатации входных лингвистических переменных в числовой форме формируется процедура прогноза технико-экономических показателей его работы в форме поправочных коэффициентов к нормативным значениям для каждого 3D-блока трехмерной модели выемочного участка.

### Список литературы

1. Проектирование технологических систем шахт: учебное пособие / С.С. Гребенкин, В.В. Мельник, А.Е. Ютяев и др. // Донецк: «ВИК», 2014. 511 с.
2. Антонов М.А., Агафонов В.В., Ютяев А.Е. Основы методологии проектирования гибкой технологии угледобычи // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 11. С.31-35.
3. Кузнецов Ю.Н., Стадник Д.А., Стадник Н.М. Повышение качества 3D-моделирования угольных месторожде-

ний на основе использования теории сплайнов // Горная промышленность. 2010. № 6. С. 60–61.

4. Кузнецов Ю.Н., Стадник Д.А., Федаш А.В. Проектирование отработки запасов выемочных участков на базе технологического картографирования: учебное пособие. М.: Издательство МГГУ, 2012. 112 с.

5. О проектировании технологических схем подготовки и отработки выемочных участков угольных пластов / О.И. Казанин, В.В. Козулин, М.В. Барабаш, Е.П. Ютяев // Уголь. 2010. № 6. С. 24–28. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062010.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

6. Петрунина Е.В. Методы нечеткой логики в функционально-логическом моделировании // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 11. С. 113-115.

7. Седнева Д.А., Климов П.А. Нечеткое моделирование в среде MathCAD // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 11. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/11/59524> (дата обращения: 15.10.2018).

8. Evolutionary Design of Fuzzy Rule Base for Nonlinear System Modeling and Control / Sin-Jun Kang, Chun-Hee Woo, Hee-Soo Hwang, Kwang B. Woo // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2010. Vol. 8. N 1. Pp. 37–45.

9. Parameter Identification of Recurrent Fuzzy Systems With Fuzzy Finite-State Automata Representation / Carlos A. Gama, Alexandre G. Evsukoff, Philippe Weber, Nelson F. Ebecken // IEEE Transactions On Fuzzy Systems. 2008. Vol. 16. N 1. Pp. 213–224.

10. Кобрунов А.И., Бурмистрова О.Н. Нечеткие геологические модели и их дефазификации // Успехи современного естествознания. 2016. № 1. С. 116-119.

## UNDERGROUND MINING

UDC 622.013.3 © E.N. Iakunchikov, V.V. Agafonov, 2018

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 4-9

## Title

## DESIGN OF HIGH-PERFORMANCE MINING OF COAL MINE RECLAMATION SITES IN COMPLICATED GEOLOGICAL CONDITIONS

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-4-9>

## Authors

Iakunchikov E.N.<sup>1</sup>, Agafonov V.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>“SUEK” JSC, Moscow, 115054, Russian Federation

<sup>2</sup>National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation

## Authors' Information

**Iakunchikov E.N.**, Chief specialist strategic and operational planning department, e-mail: [iakunchikovEN@suek.ru](mailto:iakunchikovEN@suek.ru)

**Agafonov V.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the chair “Geotechnologies development of mineral resources” Mining Institute, tel.: +7 (499) 230-94-66, e-mail: [mamu-prpm@yandex.ru](mailto:mamu-prpm@yandex.ru)

## Abstract

The difference between technological situations of coal excavation due to changes in geological conditions of operation require the development and construction of typical parts of technological schemes in a modular presentation, taking into account the latest achievements in the theory and practice of underground coal mining. The main conceptual components of scientific and methodological support for the creation of flexible and adaptive technologies for mining disturbed coal seams, formulated the possibility of considering methods of situational modeling as one of the approaches to forecasting the development of mining operations. The procedure of synthesis of the predictive situational model of efficiency of functioning of complexes of the treatment equipment at change of mining and geological conditions in a contour of removal units (sites) with use of the device of the theory of fuzzy sets is offered.

## Keywords

Coal mine, Excavation site, Operating conditions, Forecasting, Situational modeling, Fuzzy sets, Linguistic variable.

## References

1. Grebenkin S.S., Melnik V.V., Yutyayev A.E. et al. *Proektirovanie tekhnologicheskikh sistem shaht*: Uchebnoe posobie [Design of technological systems of mines: Textbook]. Donetsk “VIC” Publ., 2014, 511 p.
2. Antonov M.A., Agafonov V.V. & Yutyayev A.E. *Osnovy metodologii proektirovaniya gibkoj tekhnologii ugledobychi* [The foundations of design methodology, flexible technology of coal mining]. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskij Byulleten' – Mining Information and Analytical Bulletin*, 2011, No. 11, pp. 31-35.

3. Kuznetsov Yu.N., Stadnik D.A. & Stadnik N.M. *Povyshenie kachestva 3D modelirovaniya ugol'nykh mestorozhdenij na osnove ispol'zovaniya teorii splajnov* [Improving the quality of 3D modeling of coal deposits based on the theory of splines]. *Gornaya Promyshlennost' – Mining Industry*, 2010, No. 6, pp. 60–61.

4. Kuznetsov Yu.N., Stadnik D.A. & Fedash A.V. *Proektirovanie otrabotki zapasov vyemochnykh uchastkov na baze tekhnologicheskogo kartografirovaniya: Uchebnoe posobie*. [Design of development of reserves of excavation sites on the basis of technological mapping: Textbook]. Moscow, MSU Publ., 2012, 112 p.

5. Kazanin O.I., Kozulin V.V., Barabash M.V. & Yutyayev E.P. *O proektirovanii tekhnologicheskikh skhem podgotovki i otrabotki vyemochnykh uchastkov ugol'nykh plavstov* [On the design of technological schemes of preparation and mining sites of coal seams]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2010, No. 6, pp. 24–28. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062010.pdf> (accessed 15.10.2018).

6. Petrunina E.V. *Metody nechetkoj logiki v funktsional'no-logicheskom modelirovanii* [Fuzzy logic Methods in functional-logical modeling]. *Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya – International Journal of Experimental Education*, 2013, No. 11, pp. 113-115.

7. Sedneva D.A. & Klimov P.A. *Nechetkoe modelirovanie v srede MathCAD* [Fuzzy modeling in MathCAD environment]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii – Modern scientific researches and innovations*, 2015, No. 11. [Web-Resource]. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2015/11/59524> (accessed 15.10.2018).

8. Kang S.J., Woo Ch.H., Hwang H.S. & Woo K.B. *Evolutionary Design of Fuzzy Rule Base for Nonlinear System Modeling and Control*. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2010, Vol. 8, No. 1, pp. 37-45.

9. Gama C.A., Evsukoff A.G., Weber Ph. & Ebecken N.F. *Parameter Identification of Recurrent Fuzzy Systems with Fuzzy Finite-State Automata Representation*. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2008, Vol. 16, No. 1, pp. 213-224.

10. Kobrunov A.I., Burmistrova O.N. *Nechetkie geologicheskie modeli i ikh defazifikatsii* [Fuzzy geological model and their defazifikatsii]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya – Successes of modern natural science*, 2016, No. 1, pp. 116-119.

# Технологические схемы возведения монолитных изоляционных сооружений горных выработок угольных шахт

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-10-17>

## НУРГАЛИЕВ Евгений Илдарович

Генеральный директор  
научно-производственной компании  
ООО «УГМ-Сервис»,  
650014, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: [ugm\\_kuz@mail.ru](mailto:ugm_kuz@mail.ru)

## МАЙОРОВ Александр Евгеньевич

Доктор техн. наук, профессор РАН,  
заведующий лабораторией геомеханики  
и геометризации угольных месторождений  
ФИЦ УУХ СО РАН, профессор кафедры  
теоретической и геотехнической механики КузГТУ,  
650065, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: [majorov-ae@mail.ru](mailto:majorov-ae@mail.ru)

Рассмотрены эффективные способы возведения изоляционных сооружений горных выработок угольных шахт в условиях нарушенных вмещающих пород. Предложены рациональные схемы изоляции горных выработок, в том числе наиболее сложных – пластовых (сбоек, подготовительных выработок). Приведены результаты масштабных испытаний на шахтах Кузбасса в течение 2012–2018 гг. с возведением около 1 тыс. изоляционных перемычек. Обоснована эффективность консолидирующих изоляционных систем «перемычка – тампонажная завеса», конструктивно интегрированных в нарушенный вмещающий массив и управляющих его физико-механическим состоянием.

**Ключевые слова:** подземные выработки, безопасность, изоляция, перемычка, приконтурный массив, инъекция, тампонажная завеса, упрочнение, уплотнение.

## ВВЕДЕНИЕ

В целях обеспечения промышленной безопасности при высоких темпах проходки горных выработок и добычи угля необходима организация эффективных схем проветривания шахт с своевременной и качественной изоляцией отработанных участков и других неиспользуемых горных выработок. Локализация выработанных пространств изоляционными сооружениями (перемычками) является наиболее

эффективной мерой предотвращения самовозгорания угля, одним из основных средств предупреждения и тушения эндогенных и экзогенных подземных пожаров. Некачественная изоляция горных выработок приводит к повышению концентрации метана в исходящем потоке воздуха и кислорода в отработанном пространстве. Для плановой и экстренной изоляции горных выработок наибольшее распространение получили монолитные безрубчатые перемычки вследствие своей технологичности и более низкой трудоемкости возведения. При этом основной объем изоляционных сооружений возводится в условиях нарушенных вмещающих пород. В пластовых выработках проявлены наиболее сложные условия вследствие структурной и прочностной анизотропии угольных пластов, переменного влияния фронта очистных работ, что приводит к повышенной трещиноватости и ослаблению несущей способности контура в месте возведения изолирующей перемычки. При этом известно, что основная фильтрация воздуха и газов происходит через нарушенный приконтурный массив горных пород и по области контакта контура горной выработки и тела изолирующей перемычки.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

На примере Кузбасса значительный объем безрубчатых перемычек возводится и эксплуатируется без соответствующего предварительного/последующего упрочнения и уплотнения (консолидации) нарушенной приконтурной зоны, что приводит к значительным перетокам газа через изолирующее сооружение, отсутствию несущих конструктивных связей, отрицательно влияющих на устойчивость конструкции. Очевидна необходимость рационального комплексного подхода к строительству и безопасной эксплуатации угольных шахт, реализуемого при возведении консолидирующих (перевод с латинского: взаимное упрочнение, уплотнение, сращивание) изоляционных систем «перемычка – тампонажная завеса», конструктивно интегрированных в нарушенный вмещающий массив горных пород.

**Цель работы:** обеспечение безопасности ведения горных работ при ресурсосберегающих строительстве и эксплуатации угольных шахт.

**Основная задача:** обоснование и разработка рациональных технологических схем изоляции пластовых выработок безрубчатыми монолитными перемычками с консолидированной приконтурной зоной вмещающих пород.

## ОБЩИЙ АНАЛИЗ

Объектом исследования являются элементы: горные выработки с нарушенной (трещиноватой) приконтурной зоной пород, безврубовые монолитные перемычки и инъекционные тампонажные завесы из специализированных цементных смесей, технологии их возведения.

Развивая классификацию технологических схем объекта, с экономической точки зрения целесообразен поэтапный подход, позволяющий на основе структурных элементов адаптировать конструкцию и саму технологию возведения изолирующего сооружения в зависимости от изменяющихся горно-геологических и горнотехнических условий.

Основываясь на описанном далее опыте возведения монолитных изолирующих сооружений угольных шахт, представлены рациональные варианты принципиальных схем элементов, учитывающих возможность различного сочетания их технологических и конструктивных особенностей – от самых простых, состоящих из тела перемычки, до более сложных консолидирующих изоляционных систем «перемычка – тампонажная завеса» (рис. 1).

В условиях отсутствия нарушений обычно применяют схему *a*. При нарушенных вмещающих породах, что особо проявляется в пластовых выработках угольных шахт, в качестве базовых определены: схема *d* и схема *e* – усиленная, для более сложных условий. Для реализации схем *e*, *f*, *g*, *h*, *i* с изоляционными работами применяются: пред-варительный тампонаж приконтурного массива пород – перед возведением перемычки, и последующий тампонаж – после возведения перемычки. При этом основной задачей является обеспечение качества и надежности сооружения, оцениваемых по критериям прочности, устойчивости и фильтрационным характеристикам.

Опыт решения задач управления физико-механическим состоянием массива горных пород [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14], а также совместные исследования в области фильтрации флюидов, механики дисперсных систем и создания специализированных цементных смесей с заданными свойствами, проводимые Институтом угля СО РАН (структурное подразделение ФИЦ УУХ СО РАН), КузГТУ (Кафедра теоретической и геотехнической механики) и научно-производственной компанией «УГМ-Сервис» (НПК «Упрочнение Горного Массива»), позволили комплексно решить задачи изоляции горных выработок, ремонта и восстановления подземных сооружений. Компанией «УГМ-Сервис» разработаны составы серии УГМ на основе активированного цемента, минеральных наполнителей и техногенных отходов производства. Исследованы их реологические и физико-механические характеристики, запущено промышленное производство мощностью более 2,5 тыс. т/мес. Составы от-

носятся к классу легких бетонов, имеют высокие показатели набора прочности, плотности, адгезии, а также, высокие термостойкость и долговечность, относительно низкую стоимость.

## ТЕЛО МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕМЫЧЕК

Конструктивной основой изолирующего сооружения является тело перемычки. В России накоплен значительный опыт строительства и эксплуатации подземных изолирующих сооружений [15, 16, 17, 18, 19]. В течение 2012-2018 гг. в Кузбассе проведены масштабные испытания технологии опалубочного возведения монолитных безврубовых изоляционных перемычек из специализированной цементной смеси УГМ-П, возводимых по схемам *a* и *d* (см. рис. 1). На шахты: ООО «Распадская угольная компания» (ЕВРАЗ), АО «СУЭК-Кузбасс», ОАО «БЕЛОН», ООО «УК «Промуглесбыт», ООО «Холдинг «Сибуглемет», ООО УК «Заречная», ОАО «УК «Кузбоссразрезуголь», АО «Шахта «Антоновская», ООО «Торговый Дом «Меркурий», АО «ТопПром», АО «Шахта Большевик» и другие (общее количество – более 30 шахт) поставлено около 40 тыс. т указанной смеси, возведено около 1 тыс. перемычек.

В процессе натурных исследований проведена оценка физико-механических характеристик образцов смеси и горных пород, трещиноватости и фильтрационных свойств нарушенного приконтурного массива пород. При

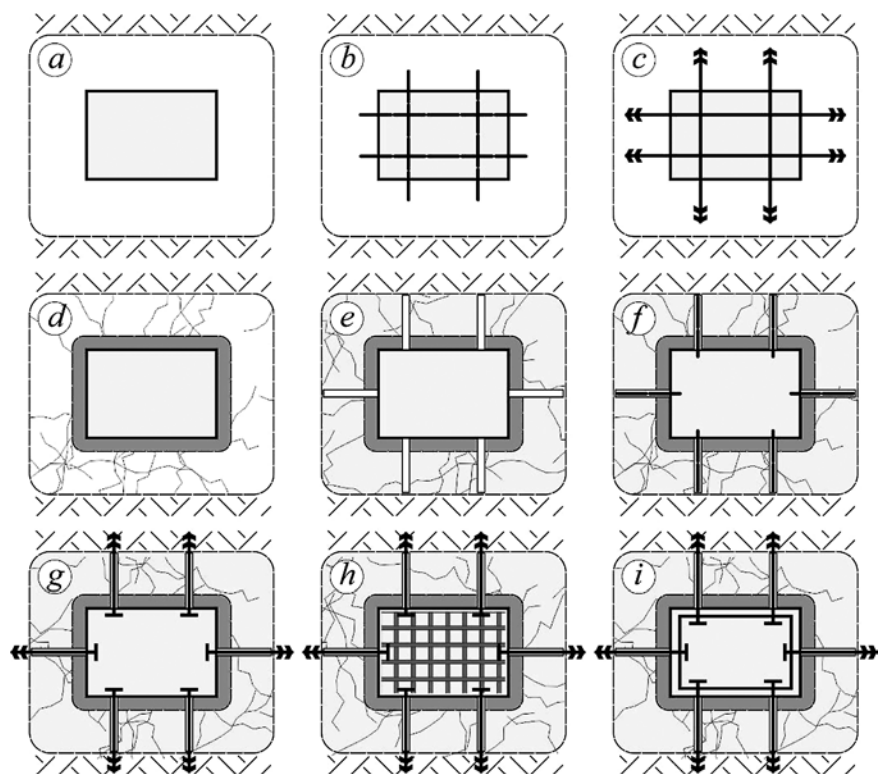


Рис. 1. Принципиальные схемы элементов консолидирующих изоляционных систем «перемычка – тампонажная завеса»: *a* – перемычка; *b* – перемычка армированная; *c* – перемычка напряженно-армированная (анкерами); *d* – перемычка с частичным проникновением состава в трещины приконтурной зоны; *e* – перемычка дополнена инъекционным тампонажем приконтурной зоны; *f* – перемычка дополнена армированием приконтурной зоны; *g* – перемычка дополнена напряженным армированием приконтурной зоны (анкерами); *h* – перемычка дополнена армированием тела перемычки; *i* – перемычка дополнена несущими закладными элементами в теле перемычки

этом разработаны рекомендации по оперативной диагностике и контролю состояния приконтурного массива горных выработок с оценкой фактической трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород, в том числе и углей. Определение трещинной проницаемости экспериментальных участков до и после возведения изолирующего сооружения производилось реометрическим методом, в котором используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через раскрытые трещины. При этом базовым прибором контроля является автономный портативный цифровой манометр-регистратор Crystal XP2i с точностью измерения 0,001%, фактические размеры исследуемых объектов определяются при визуально-измерительном контроле.

**Доказаны:** высокие технологичность и эффективность возведения изоляционных перемычек из смеси УГМ-П, качество и удобоукладываемость смеси при массовом водо-твердом соотношении 0,47-0,5, времени потери текучести до 10 мин., прочности на одноосное сжатие до 20 МПа, прочности на изгиб до 4,5 МПа, адгезионной прочности к породам до 0,9 МПа. В нарушенных горных породах приконтурной зоны, в том числе и углях, при заполнении опалубки происходит безнапорное распространение смеси по трещинам на глубину: до 0,5 м – при раскрытии трещин от  $0,1 \cdot 10^{-3}$  до  $0,5 \cdot 10^{-3}$  м; до 1,5 м – при раскрытии трещин более  $0,5 \cdot 10^{-3}$  м. При раскрытии трещин более  $5 \cdot 10^{-3}$  м наблюдаются активные протечки смеси за опалуб-

ку в выработку, что требует проведения дополнительных мероприятий по изоляции контура.

**Выявленные недостатки.** При наличии обширной зоны интенсивной трещиноватости массива по периметру возводимой монолитной перемычки формируется область активной фильтрации воздуха через сквозные трещины, что обусловлено высокой скоростью схватывания состава УГМ-П и его ограниченной проникающей способностью. Также, учитывая, что безврубные монолитные перемычки удерживаются только за счет сил трения и сцепления по периметру контура, конструкция без полноценных несущих связей и интеграции с массивом получается более ослабленная.

Для исключения выявленных недостатков, проявление которых может быть критично (устойчивость конструкции перемычки, изолирующие характеристики, влияющие на загазованность горных выработок и содержание кислорода в отработанном пространстве), разработаны дальнейшие схемы, обеспечивающие, кроме прочего, управление геометрией тампонажных завес вокруг перемычек.

### ТАМПОНАЖ НАРУШЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Основной целью инъекционного тампонажа являются упрочнение и уплотнение горных пород для повышения устойчивости контура горных выработок, ликвидации фильтрации газов и воды через изолирующее сооружение. Формирование тампонажной завесы вокруг выработки определяется процессом инъекции раствора в породный массив. Параметры технологии инъекции включают в себя: расход раствора в скважину, давление нагнетания, режим нагнетания, концентрацию раствора, радиус распространения раствора, время нагнетания, длину скважин. Указанные параметры взаимосвязаны процессом фильтрации раствора в массиве и зависят от его фильтрационных характеристик. Тампонаж горных пород следует осуществлять при их проницаемости  $k_o \geq 0,5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ .

Рассмотрим тампонаж как самостоятельный элемент – схема *e* (см. рис. 1). Для анализа способа последующего и предварительного возведения тампонажной завесы вокруг безврубной перемычки представлена условная схема продольного осевого сечения горной выработки (рис. 2). Рекомендуется верное расположение нагнетательных скважин по периметру перемычки.

Для качественного инъекционного упрочнения и уплотнения нарушенного приконтурного массива пород необходимо формирование тампонажной завесы с обязательными условиями полного заполнения объема трещин и распространения нагнетаемого тампонажного раствора по всей площади рациональной области сечения ABCD.

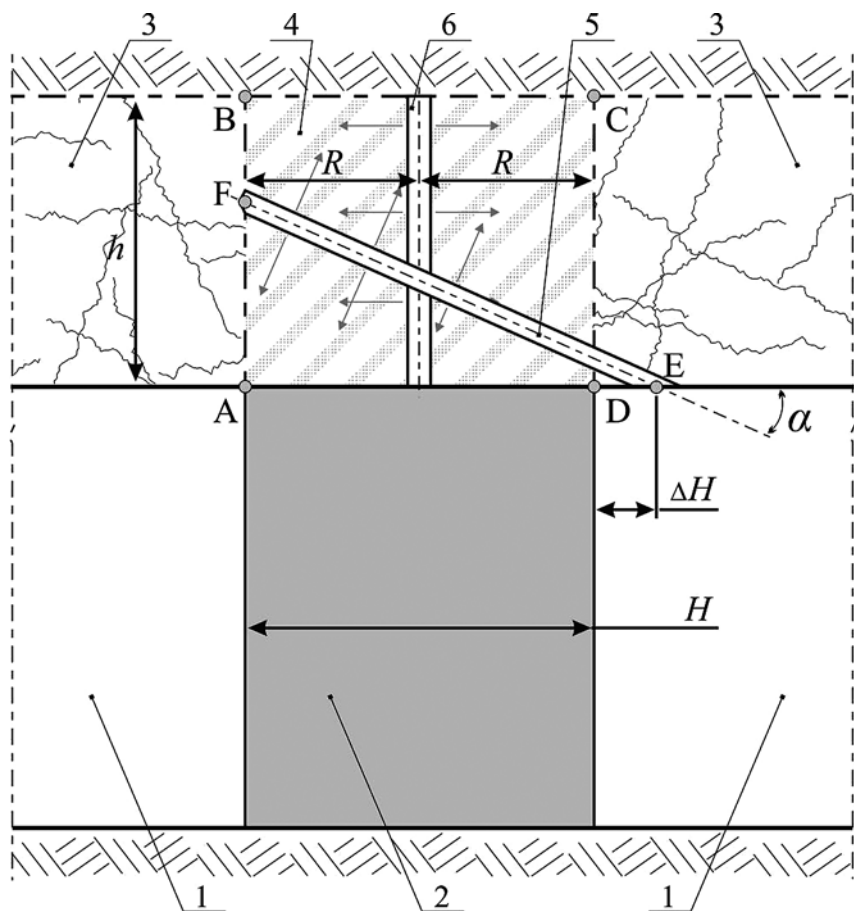


Рис. 2. Схема тампонажной завесы вокруг безврубной перемычки: 1 – горная выработка; 2 – перемычка; 3 – нарушенный приконтурный массив пород; 4 – тампонажная завеса; 5 и 6 – нагнетательные скважины (соответственно для предварительного и последующего тампонажа)

При этом важно взаимное пространственное расположение нагнетательных скважин вокруг перемычки и относительно контура горной выработки, что непосредственно влияет на размер и форму зоны распространения тампонажного раствора по трещинам. Соответственно, особо важными являются схема расположения нагнетательных скважин и значение угла их наклона относительно контура горной выработки, зависящего от радиуса распространения тампонажного раствора, режима нагнетания и физических свойств массива горных пород.

**Последующее возведение тампонажной завесы.** Началом нагнетательной скважины является точка E (см. рис. 2), обеспечивающая технологический отступ  $\Delta H$  от перемычки для размещения инъекционного пакера в устье, не пересекая линии CD. Точкой F обозначена забойная часть нагнетательной скважины 5, а отрезок AB равен значению  $h$  – глубины нарушенного приконтурного массива пород вокруг перемычки.

Предложен авторский инженерный метод, основанный на расчете относительного угла наклона, позволяющий оперируя взаимным соотношением катетов прямоугольного треугольника AFE рассчитать угол наклона гипотенузы, то есть нагнетательной скважины относительно контура горной выработки, град.:

$$\alpha = 45 \cdot h_1 / (H + \Delta H), \quad (1)$$

где:  $h_1$  – соответствует длине отрезка AF, м;  $H$  – толщина перемычки, м;  $\Delta H$  – технологический отступ от перемычки, м; при условии, что значение величины  $h = AF + FB$ . Отрезки AF и FB должны равняться радиусам распространения тампонажного раствора  $R$  по трещинам горных пород на соответствующих участках нарушенного приконтурного массива.

При частном случае равенства отрезков AF и FB в схеме тампонажа угол наклона нагнетательной скважины относительно контура горной выработки соответствует, град.:

$$\alpha = 22,5 \cdot h / (H + \Delta H), \quad (2)$$

Учитывая реологические характеристики и массовое водо-твердое соотношение тампонажного раствора, физические параметры и трещиноватость горных пород, возможно эффективно, качественно контролировать процесс возведения тампонажной завесы вокруг перемычки.

**Предварительное возведение тампонажной завесы.** Данная схема имеет более простую реализацию из-за свободного доступа к месту возведения перемычки. Инъекционные скважины 6 (см. рис. 2) бурят также веером по периметру, но перпендикулярно контуру горной выработки. Для заполнения площади рациональной области ABCD необходимо соблюдение равенства двойного радиуса распространения тампонажного раствора по трещинам горных пород  $2R$  толщины перемычки. Расстояние между нагнетательными скважинами назначают при условии смыкания радиусов распространения тампонажного раствора  $R$ , определяемых в соответствии с его реологическими характеристиками и физическими параметрами нарушенного приконтурного массива пород.

Предложенные схемы минимизируют неконтролируемое истечение тампонажного раствора в горную выра-

ботку, повышая качество инъекционного упрочнения и уплотнения нарушенного приконтурного массива пород вокруг изоляционных перемычек.

**Натурные исследования.** В соответствии с предложенными схемами проведены исследования базовых технологий ведения тампонажных работ на шахтах Кузбасса: «Антоновская», «Усковская», «Алардинская», «Распадская-Коксовая», «Ерунаковская-8», «Есаульская», «Талдинская-Западная-2». За период 2017-2018 гг. поставлено более 120 т смеси УГМ.

Только на шахте «Алардинская» проведен тампонаж нарушенных горных пород вокруг 15 перемычек. Наиболее представлен комплекс изоляционных работ по пожарному участку № 79, обеспечивший общее снижение утечек метановоздушной смеси через изолирующие сооружения с 280 до 120 м<sup>3</sup>/мин. и снижение концентрации CO и O<sub>2</sub>. Например, по замерам на перемычке № 1129 концентрация газа CO снизилась с 2 до 0%, а O<sub>2</sub> – с 2 до 1,8%. На скважине № 806 концентрация газа CO снизилась с 2,9 до 0,0071%, а O<sub>2</sub> – с 2,9 до 1,4%.

Наиболее показательным является положительный результат последующего возведения тампонажной завесы вокруг перемычки № 7425, полученный при реализации технологии в условиях шахты «Распадская-Коксовая». Поскольку величина раскрытия трещин приконтурного массива различна, для качественного возведения тампонажной завесы нагнетание было произведено при двух ступенях давления: до 0,5 и до 1 МПа. На каждой ступени нагнетания возможно использование двух стадий – первая проводится при постоянном расходе и переменном (возрастающем) давлении, вторая – при постоянном давлении и переменном (уменьшающемся) расходе. На каждой ступени происходит заполнение групп трещин с различным раскрытием. На первой заполняются в основном трещины с раскрытием более  $5 \cdot 10^{-3}$  м, на второй – менее  $2 \cdot 10^{-3}$  м. В итоге, обеспечено практически полное исключение перетоков газовоздушных смесей через изолирующее сооружение. При этом доказано снижение метана перед перемычкой с 2% до нормы, то есть более чем в четыре раза; а кислорода в отработанном пространстве лавы – с 19 до 12%, т.е. более чем в 1,5 раза (по показаниям станции SKPA\O<sub>2</sub> в период 24-27.01.2017). Оценка качества тампонажа также производилась на основе реометрических методов контроля, используя разработанные уникальные методическое обеспечение и оборудование.

Доказана эффективность технологии инъекционного тампонажа нарушенной приконтурной зоны вокруг перемычек с применением смесей серии УГМ. Очевидна сравнительно бо́льшая трудоемкость поэтапного применения отдельных элементов системы для обеспечения эффективной работы системы для сложных условий – «перемычка – тампонажная завеса». Однако главным **недостатком** является существующий в настоящее время общий подход к изоляции горных выработок, направленный на ликвидацию уже возникших последствий и снижающий уровень промышленной безопасности опасного производственного объекта. Негативные объективные прямые и косвенные, но не менее важные, особенности: несоблюдение технологии возведения перемычки и тампонажа службами шахт (ГРП третьего разряда и

их «привычки»), отсутствие или редкое применение последующего тампонажа для ликвидации нарушений (отсутствие планомерности подхода и должного уровня образования технических служб), отсутствие необходимого материально-технического и методического обеспечения (инъекционного, смесительного и диагностического оборудования, специализированных смесей и составов), слабый уровень контроля вышестоящих и контролирующих организаций, вырождение научной школы тампонажа.

Для устранения недостатков, в том числе минимизации влияния «человеческого фактора» на качество возводимой системы, разработана новая технология изоляции горных выработок с нарушенной приконтурной зоной.

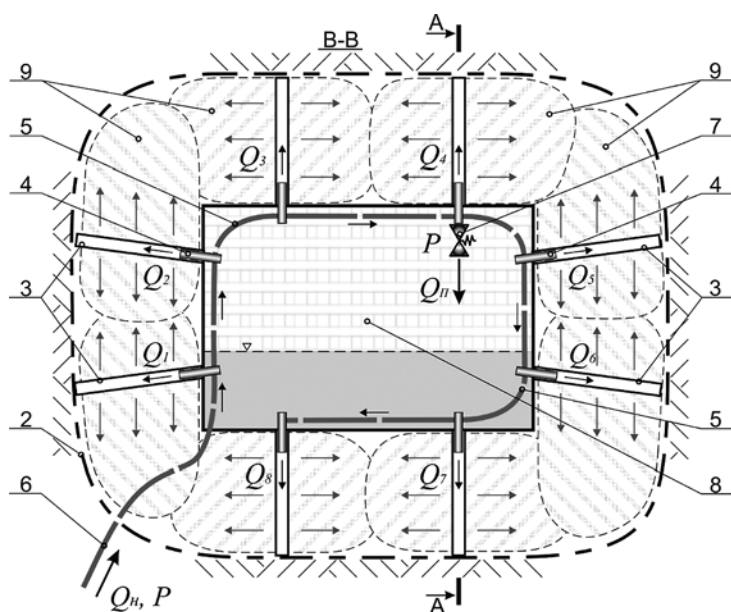


Рис. 3. Поперечное сечение изолируемой горной выработки

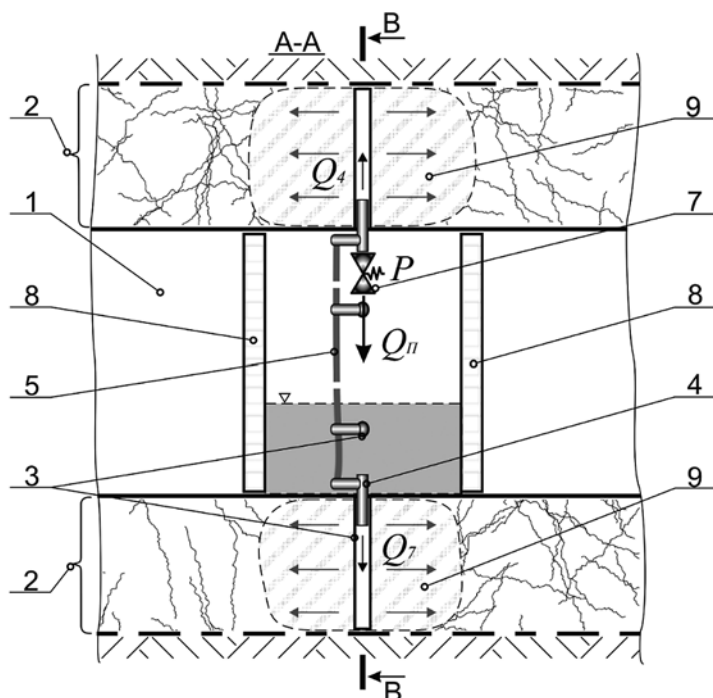


Рис. 4. Продольное сечение изолируемой горной выработки

### КОНСОЛИДИРУЮЩАЯ ИЗОЛЯЦИОННАЯ СИСТЕМА «ПЕРЕМЫЧКА – ТАМПОНАЖНАЯ ЗАВЕСА»

На основании вышеописанного опыта внедрения основных элементов *d* и *e* (см. рис. 1) разработана авторская технология, основные схемы которой представлены на рис. 3 и 4.

**Последовательность основных операций.** В нарушенной приконтурной зоне 2 горной выработки 1 с учетом известных способов и схем производят бурение по периметру горной выработки скважин 3, устья которых расположены в одной плоскости – в створе. Проводят визуально-измерительный контроль нарушенной приконтурной зоны 2, в том числе наружный осмотр контура горной выработки 1, а также стенок скважин 3. Производят монтаж инжекторов 4 в устьях скважин 3. Инъекторы 4 от каждой скважины соединяют друг с другом шлангами, создавая тем самым разомкнутый кольцевой коллектор 5 (далее по тексту коллектор), который в нижней точке подключают к напорной магистральной 6 (см. рис. 3) от тампонажного насоса (на рис. 3 не показан). Второй конец коллектора заглушен. В верхней части коллектора 5 монтируют регулируемый сбросной клапан давления 7. Рекомендуется верхнее расположение клапана с установленным давлением открытия 0,5 МПа. В зависимости от интенсивности нарушений приконтурной зоны 2 возможно различное количество скважин 3 и схем их рационального подключения. Производят монтаж опалубки 8 из двух щитов (см. рис. 4), необходимой для формирования монолитной перемычки, перекрывающей горную выработку 1. В качестве тампонажного раствора рекомендуется специализированная смесь на основе цемента серии УГМ с массовым водо-твердым соотношением 0,3-0,5. Далее производят нагнетание тампонажного раствора по прямой схеме подключения тампонажного насоса через инжекторы 4 в скважины 3 и далее в трещины нарушенных пород приконтурной зоны 2 для возведения по периметру перемычки тампонажной завесы 9. Нагнетание производят до отказа скважин 3, сопровождающееся резким ростом давления нагнетания тампонажного раствора, что означает полное заполнение прилегающих трещин. При росте сопротивления на скважинах и достижении давления нагнетания в коллекторе 0,5 МПа срабатывает клапан, сбрасывая излишний объем тампонажного раствора (остаток от возводимого объема тампонажной завесы) в опалубку.

Давление нагнетания  $P_H$  в скважины 3 является важной технологической характеристикой возведения тампонажной завесы. Для исключения гидроразрыва нарушенных пород приконтурной зоны обеспечивают нагнетание тампонажного раствора с ограничением предельного давления  $P_{HP}$ , которое обычно составляет не более 0,5 МПа [3, 4, 5]. При этом, соблюдая режим нагнетания с постоянным расходом, обеспечивают, в первую очередь, начало процесса по заполнению трещин нарушенных пород приконтурной зоны, и только позже, после нарастания гидравлического сопротивления трещин и росте давления нагнетания в коллекторе 5 до регламентированного



значения, осуществляют сброс в свободное пространство опалубки 8 остатка быстротвердеющего раствора от тампонажной завесы 9. В итоге, тампонажный насос нагнетает тампонажный раствор под давлением  $P_{II}$  МПа, с постоянным расходом  $Q_{II}$  м<sup>3</sup>/ч, составляющим сумму значений, уменьшающихся во времени расходов на скважинах  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7, Q_8$  и пропорционально увеличивающихся во времени расхода на сбросе  $Q_{II}$ , каждое из которых является переменной величиной и изменяется в процессе одновременного возведения консолидирующей изоляционной системы «перемычка – тампонажная завеса», соответственно и изменяя во времени их взаимное соотношение. Таким образом, остаток тампонажного раствора от тампонажной завесы 9 сбрасывается из скважин 3 с увеличивающимся по мере заполнения трещин расходом  $Q_{II}$ . Соблюдая вышеуказанные условия, обеспечивают подпор в коллекторе 5 и скважинах 3 как в процессе, так и после заполнения трещин.

Процесс нагнетания продолжают до полного заполнения опалубки и полного перекрытия горной выработки (на рис. 3, 4 показан промежуточный уровень тампонажного раствора в нижней части опалубки), контролируют его в начале разлива раствора из верхнего контрольного отверстия. К моменту полного заполнения опалубки тампонажный раствор в ее нижней части и в границах одновременно возведенной тампонажной завесы теряет подвижность.

**Натурные исследования.** На шахтах Кузбасса испытана коллекторная схема подключения нагнетательных скважин к напорной линии по описанной технологии. Уникальность результата заключается в подтверждении факта самонастройки системы подачи тампонажного раствора под изменяющееся гидродинамическое сопротивление нагнетательных скважин в процессе инъекции. Даже при отказе части скважин поток тампонажного раствора перераспределяется на другие, а при наличии сбросного устройства соблюдается идеальный для тампонажа режим: с постоянным расходом в начале процесса и плавным переходом в режим с постоянным давлением в конце процесса.

Раздельное применение элементов технологии в итоге всегда будет иметь уровень качества наиболее слабого структурного элемента. Альтернативно предложенные технологические режимы обеспечивают непрерыв-

ность и монолитность возводимой изоляционной системы при комплексной интеграции конструкции в нарушенную приконтурную зону. Известно [3, 4, 5, 7], что подобные режимы тампонажа обеспечивают минимум воздушных пустот, максимальное уплотнение тампонажного раствора и его равномерное распределение в трещинах массива, исключение образования «холодных швов», а в итоге – максимально возможное качество, характеризуемое параметрами прочности, плотности и устойчивости.

На рис. 5 представлено условное сравнение усредненного времени выполнения основных операций технологического цикла возведения перемычки и последующей тампонажной завесы с комплексным возведением консолидирующей изоляционной системы «перемычка – тампонажная завеса», при прочих равных условиях.

В технологических циклах учтен обязательный этап обследования приконтурного массива пород в месте возведения перемычки до и после выполнения изоляционных работ. Рассмотрена условная выработка сечением 16-20 м<sup>2</sup> с телом перемычки, содержащая 30-45 т сухой смеси, использован насос мембранного и/или героторного типа, инъекционные скважины – 10 шт., нагнетание тампонажного раствора производится за один этап, стандартная опалубка из теса, бригада из четырех человек.

Проведенные исследования доказывают, что объединение технологических операций по заполнению опалубки, инъекционному уплотнению и упрочнению нарушенной приконтурной зоны значительно сокращает общее время возведения изоляционной системы: почти в 1,3 раза при сравнении комплексной и последующей схем возведения, и до двух раз по сравнению с альтернативными технологиями.

## Выводы

1. Доказаны общая эффективность и технологичность применяемого способа монолитного опалубочного возведения тела изолирующих перемычек цементной смесью УГМ-П, созданы и апробированы новые комплекты облегченного мобильного насосного и смесительного оборудования.

2. Разработанная технология последующей инъекционной цементации нарушенного приконтурного массива пород вокруг безрубовых перемычек включает в себя

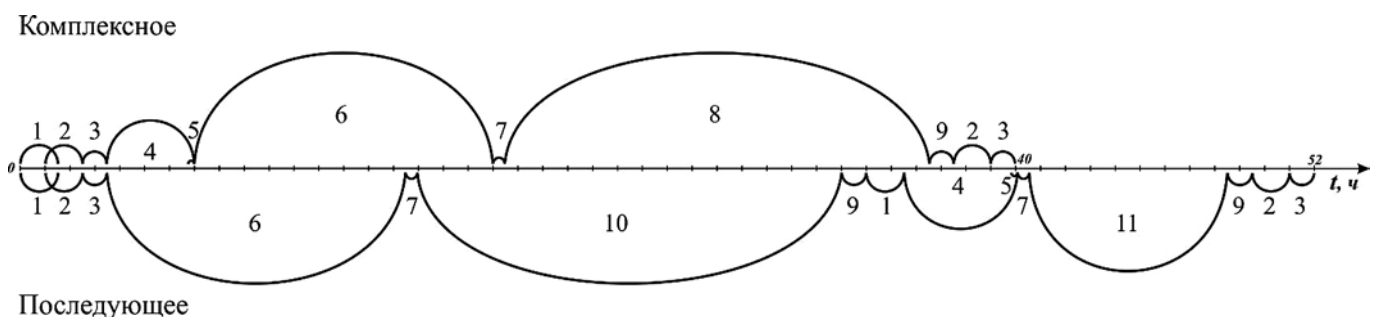


Рис. 5. Операции технологического цикла возведения консолидирующей изоляционной системы «перемычка – тампонажная завеса»: 1 – подготовительные работы; 2 – бурение диагностических скважин; 3 – обследование места возведения с оценкой трещиноватости массива; 4 – бурение инъекционных скважин; 5 – монтаж пакеров и нагнетательной линии; 6 – возведение опалубки; 7 – пуско-наладка нагнетательного оборудования; 8 – возведение системы «перемычка – тампонажная завеса»; 9 – промывка и демонтаж нагнетательного оборудования; 10 – возведение тела перемычки; 11 – возведение тампонажной завесы

комплекс решений по созданию радиального веера инъекционных скважин, наклоненных над перемычкой под углом к контуру горной выработки, определяемым из соотношения толщины перемычки, размеров зоны нарушения и радиуса распространения тампонажного раствора. При предварительном возведении тампонажной завесы рекомендовано веерное расположение инъекционных скважин по периметру, перпендикулярно контуру горной выработки. Нагнетание тампонажного раствора в скважины производят поэтапно, до полного смыкания инъекционного контура с телом перемычки, обеспечивая эффективную консолидацию создаваемой изолирующей системы.

Основные параметры технологии возведения тампонажной завесы включают в себя: расход раствора в каждую скважину, давление нагнетания, режим нагнетания, концентрацию раствора, радиус распространения раствора, время нагнетания, длину скважин. Указанные параметры взаимосвязаны процессом фильтрации раствора в массиве и изменяющегося гидродинамического сопротивления трещин пород. Соблюдение вышеуказанных условий и зависимостей обеспечивает эффективное упрочнение и снижение фильтрационных характеристик нарушенных пород приконтурной зоны вокруг перемычки.

3. Комплексная изоляция горных выработок с нарушенной приконтурной зоной консолидирующей системой «перемычка – тампонажная завеса», основанная на технологическом совмещении возведения монолитной перемычки с инъекционным упрочнением и уплотнением приконтурной зоны массива, изменяющих физико-механические характеристики нарушенных пород и создающих несущие структурные связи, в общем дает синергетический эффект повышения качества и скорости изоляции выработанного пространства.

Принцип реализации системы основан на объединении нагнетательных скважин единым подающим коллектором, обеспечивающим пропорциональное распределение тампонажного раствора между ними в зависимости от роста их гидродинамического сопротивления. При этом, при возведении тампонажной завесы освобождаемый по мере заполнения трещин остаток тампонажного раствора сбрасывается из коллектора в опалубку перемычки с нелинейно увеличивающимся расходом, сохраняя стабильным давление подпора в нагнетательных скважинах до окончания процесса.

4. Разработанная технология возведения консолидирующей системы «перемычка – тампонажная завеса» на основе водо-твердых суспензий (типа цементных смесей серии УГМ) обеспечивает практически полное исключение перетоков газозвушных смесей из изолируемой части выработок, проводимых в нарушенных вмещающих горных породах.

5. Дальнейшая перспектива направлена на исследование и обоснование систем с быстровозводимой опалубкой, безопалубочные технологии возведения перемычек, совершенствование экспресс-методов оперативной диагностики и контроля их технического состояния, создание нового мобильного смесительно-нагнетательного и тампонажного комплекса оборудования.

Прорыв в развитии технологий изоляции горных выработок в настоящее время произойдет только при

переходе угледобывающих компаний на комплексные услуги сторонних специализированных организаций, выполняющих работы «под ключ». Тогда возведение изоляционной системы на опасном производственном объекте получит должный уровень внимания и ответственности.

### Список литературы

1. Luca Gandossi. An overview of hydraulic fracturing and other formation stimulation technologies for shale gas production. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. EUR 26347 EN. doi: 10.2790/99937 .

2. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко. Новосибирск: Издательский дом «Новосибирский писатель», 2011. 524 с.

3. Хямяляйнен В.А., Бурков Ю.В., Сыркин П.С. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок. М.: Недра, 1994. 400 с.

4. Хямяляйнен В.А., Митраков В.И., Сыркин П.С. Физико-химическое укрепление пород при сооружении выработок. М.: Недра, 1996. 352 с.

5. Майоров А.Е., Хямяляйнен В.А. Консолидирующее крепление горных выработок. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2009. 260 с.

6. Возведение противотрационных завес вокруг водоупорных перемычек / В.А. Хямяляйнен, Г.С. Франкевич, В.А. Жеребцов и др. Кемерово, 2000. 119 с.

7. Майоров А.Е., Хямяляйнен В.А. Фильтрационное течение и приливы плотности дисперсной фазы при заполнении трещин горных пород цементным раствором // Горный журнал. 2010. № 4. С. 105–110.

8. Хямяляйнен В.А. Развитие инъекционных способов уплотнения массивов горных пород в Кузбассе // Вестник КузГТУ. 2015. № 5. С. 25–32.

9. Заславский Ю.З., Лопухин Б.А., Дружко Е.Б. Инъекционное упрочнение горных пород. М.: Недра, 1984. 176 с.

10. Хямяляйнен В.А., Баев М.А. Оценка влияния отходов углеобогащения на физико-механические свойства тампонажных растворов и параметры технологии цементации // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 4. С. 247–253.

11. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт / Э.Я. Кипко, Ю.А. Полозов, О.Ю. Лушникова, В.А. Лагунов. М.: Недра, 1984. 280 с.

12. Хямяляйнен В.А., Баев М.А. Экспериментальные исследования физико-механических свойств тампонажных растворов на основе цемента и отходов углеобогащения // Вестник КузГТУ. 2013. № 6. С. 12–19.

13. Угляница А.В., Першин В.В. Цементация трещиноватых пород в условиях подготовительных горных выработок. Кемерово, 1998. 220 с.

14. Разрушение и тампонаж пород в сейсмически активных условиях метаноугольных месторождений / В.А. Хямяляйнен, В.В. Иванов, В.И. Мурко и др. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2014. 256 с.

15. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса. Кемерово, 2007. 77 с.

16. Глузберг Е.И. Теоретические основы прогноза и профилактики шахтных эндогенных пожаров. М.: Недра, 1989. 160 с.

17. Егошин В.В., Кухаренко Е.В., Александрович И.Ф. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на шахтах Кузбасса. Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1994. 355 с.

18. Парфенов А.П. Строительство гидроизоляционных перемычек в калийных рудниках Прикарпатья // Шахтное строительство. 1989. № 7. С. 24-25.

19. Нурғалиев Е.И., Майоров А.Е., Роут Г.Н. Технология скоростного возведения высокопрочных безврубовых перемычек с использованием специализированных цементных смесей // Уголь. 2014. №6. С. 20-23. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062014.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

## UNDERGROUND MINING

UDC 622.457.5:624.136.6 © E.I. Nurgaliev, A.E. Mayorov, 2018

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 10-17

## Title

TECHNOLOGICAL SCHEME OF CONSTRUCTION OF MONOLITHIC ISOLATING CONSTRUCTIONS AT MINING EXCAVATIONS OF COAL MINES

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-10-17>

## Authors

Nurgaliev E.I.<sup>1</sup>, Mayorov A.E.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Scientific Research and Production Company "UGM-Service" LLC, Kemerovo, 650014, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo, 650065, Russian Federation

<sup>3</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors' Information

**Nurgaliev E.I.**, General Director, e-mail: [ugm\\_kuz@mail.ru](mailto:ugm_kuz@mail.ru)

**Mayorov A.E.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor RAS, Head of geomechanics and geometrization of coal fields laboratory, Professor of chair of theoretical and geotechnical mechanics, e-mail: [majorov-ae@mail.ru](mailto:majorov-ae@mail.ru)

## Abstract

Efficient methods of construction of isolating structures for mine excavations of coal mines in destroyed enclosing rocks conditions were considered. There are rational scheme of mine excavations isolation, including difficult scheme – seam (linkage, development working). The results of amplitudinous researches on coal mines of Kuzbass at 2012-2018 period with construction of 1 thousand of isolating bridges are shown. There is justification of efficiency of consolidated isolating systems "bridge-plugging screen", which have been constructively integrated at destroyed enclosing massif and controlled physical and mechanical state of massif.

## Keywords

Safety, Isolation, Bridge, Border rock massif, Injection, Plugging screen, Hardening, Compaction.

## References

- Luca Gandossi. An overview of hydraulic fracturing and other formation stimulation technologies for shale gas production. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. EUR 26347 EN. doi: 10.2790/99937.
- Klishin V.I., Zvorigyn L.V., Lebedev A.V. & Savchenko A.V. *Problemy bezopasnosti i novye tekhnologii podzemnoj razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy* [Tasks of safety and new technologies of underground development of coal fields]. Novosibirsk, "Novosibirskiy pisatel" Publ., 2011, 524 p.
- Khyamyalyainen V.A., Burkov Yu.V. & Syrkyun P.S. *Formirovanie tsementatsionnykh zaves vokruga kapital'nykh gornyykh vyrabotok* [Cement-grout screen formation around permanent mine excavations]. Moscow, Nedra Publ., 1994, 400 p.
- Khyamyalyainen V.A., Mitrov V.I. & Syrkyun P.S. *Fiziko-khimicheskoe ukreplenie porod pri sooruzhenii vyrabotok* [Physical and chemical rocks hardening with excavation construction]. Moscow, Nedra Publ., 1996, 352 p.
- Mayorov A.E. & Khyamyalyainen V.A. *Konsolidiruyushchee kreplenie gornyykh vyrabotok* [Consolidating bracing of mining excavations]. Novosibirsk. SB RAS Publ., 2009, 260 p.
- Khyamyalyainen V.A., Frankivich G.S., Zherebtsov V.A. et al. *Vozvedenie protivofil'tratsionnykh zaves vokruga vodoupornykh peremychek* [Antifiltration screens creation around water-resistant bridges]. Kemerovo, 2000, 119 p.
- Mayorov A.E. & Khyamyalyainen V.A. *Fil'tratsionnoe techenie i prilivny plotnosti dispersnoy fazy pri zapolnenii treshhin gornyykh porod tsementnym rastvorom* [Filtering flow and density increasing in dispersed phase with rock fractures filling by cement grout]. *Gornyy Zhurnal – Mining Journal*, 2010, No. 4, Pp. 105-110.

8. Khyamyalyainen V.A. *Razvitie inekcionnykh sposobov uplotneniya massivov gornyykh porod v Kuzbasse* [Development of injection methods of compacting of rock massif in Kuzbass]. *Vestnik KuzGTU – Bulletin KuzSTU*, 2015, No. 5(111), Pp. 25-32.

9. Zaslavskiy Yu.Z., Lopukhin B.A. & Druzhko E.B. *Inekcionnoe uprochnenie gornyykh porod* [Rock massif injection hardening]. Moscow, Nedra Publ., 1984, 176 p.

10. Khyamyalyainen V.A. & Baev M.A. *Ocenka vlianiya otdodov ugleobogašeniya na fiziko-mehaničeskie svoystva tamponaznykh rastvorov i parametry tekhnologii cementatsii* [Evaluating of influence of coal preparation wastes on physical and mechanical properties of plugging grouts and parameters of cementation technology]. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten' – Mining Information and Analytical Bulletin*, 2014, No. 4, Pp. 247-253.

11. Kipko E.Ya., Polozov Yu.A., Lushnikova O.Yu. & Lagunov V.A. *Kompleksnyy metod tamponazha pri stroitel'stve šaht* [Complex method of plugging in mine building]. Moscow, Nedra Publ., 1984, 280 p.

12. Khyamyalyainen V.A. & Baev M.A. *Ehksperimental'nye issledovaniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv tamponaznykh rastvorov na osnove tsementa i otkhodov ugleobogasheniya* [Experimental researches of physical and mechanical properties of plugging grouts based on cement and coal preparation wastes]. *Vestnik KuzGTU – Bulletin KuzSTU*, 2013, No. 6, Pp. 12-19.

13. Uglyanitsa A.V. & Pershin V.V. *Tsementatsiya treshhinovatykh porod v usloviyakh podgotovitel'nykh gornyykh vyrabotok* [Fractured rocks grouting in conditions of pre-excavations]. Kemerovo, KuzSTU Publ., 1998, 220 p.

14. Khyamyalyainen V.A., Ivanov V.V., Murko V.I. et al. *Razrushenie i tamponazh porod v seismicheski aktivnykh usloviyakh metanougol'nykh mestorozhdeniy* [Destruction and plugging of rock at seismic active conditions of methane-coal fields]. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat Publ., 2014, 256 p.

15. *Instruktsiya po preduprezhdeniyu i tusheniyu podzemnykh ehndogennykh pozharov v shakhtakh Kuzbassa* [Instruction for prevention and firefighting of underground breeding fire on Kuzbass coal mines]. Kemerovo, 2007, 77 p.

16. Gluzberg E.I. *Teoreticheskie osnovy prognoza i profilaktiki shakhtnykh ehndogennykh pozharov* [Theoretical basics of prognosis and prevention of breeding fire]. Moscow, Nedra Publ., 1989, 160 p.

17. Egoshin V.V., Kухаренко Е.В. & Александрович И.Ф. *Preduprezhdenie i tushenie ehndogennykh pozharov na shakhtakh Kuzbassa* [Prevention and firefighting of underground breeding fire on Kuzbass coal mines]. Kemerovo, Kemerovo book publishing, 1994, 355 p.

18. Parfenov A.P. *Stroitel'stvo gidroizolyatsionnykh peremychek v kalijnykh rudnikakh Prikarpat'ya* [Hydroisolating bridges constructing in potassium mines of Prikarpatye]. *Shakhtnoe stroitel'stvo – Mining Construction*, 1989, No. 7, Pp. 24-25.

19. Nurgaliev E.I., Mayorov A.E. & Rout G.N. *Tekhnologiya skorostnogo vozvedeniya vysokoprochnyykh bezvrubovykh peremychek s ispol'zovaniem spetsializirovannykh tsementnykh smesey* [The technology of fast construction of extra strength bridges with using of special cement mixtures]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2014, No. 6, Pp. 20-23. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062014.pdf> (accessed 15.10.2018).

# Повышение эффективности разрушения горных пород спаренной работой резцов с разными наконечниками

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-18-21>

## ПРОКОПЕНКО Сергей Артурович

Доктор техн. наук,  
профессор НИ ТПУ,  
ведущий научный сотрудник  
АО «НЦ ВостНИИ»,  
650002, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: sibgr@mail.ru

## ЧЕХЛАР Михал

Канд. техн. наук, профессор,  
декан факультета горной разработки, экологии,  
контроля процессов и геотехнологий  
Технического Университета Кошице (TUKE),  
04200, г. Кошице, Словакия,  
e-mail: michal.cehlar@tuke.sk

Применяемые в настоящее время на шахтных комбайнах резцы имеют одноразовый характер применения и высокий уровень отходов металла. Предложена и испытана конструкция резца со сменной рабочей головкой. Она позволяет эксплуатировать резец на порядок дольше при существенном сокращении расхода металла. Выявлено слабое соответствие резцов конусной конструкции сущности понятия «резец». Разработана конструкция резца с лезвийным наконечником в форме режущего диска. Такому резцу присущи высокая режущая способность с меньшими усилиями, энергоемкостью разрушения и пылением. Большая длина режущей кромки существенно продлевает время эффективного использования резца. Установка на рабочем органе последовательно в линии резания двух резцов – сначала с дисковым, а за ним с конусным наконечником – обеспечивает дальнейшее повышение эффективности разрушения породы. Спаренная работа резцов с разными наконечниками характеризуется облегченными условиями внедрения в массив; исключением условий образования измельченного породного ядра; эффективным сдвиговым разрушением берегов начального реза. Следствием являются снижение затрат энергии комбайна, длительный срок эксплуатации породоразрушающего инструмента, повышение ресурсоэффективности отбойки горной массы.

**Ключевые слова:** шахта, комбайн, исполнительный орган, резец, порода, конструкция, сменная головка, диск, рез, спаренная установка.

## ВВЕДЕНИЕ

Горно-режущий инструмент для шахт в настоящее время представлен главным образом тангенциальными поворотными резцами, используемыми на проходческих и очистных комбайнах российского и зарубежного производства для разрушения нетронутого углепородного массива и превращения его в поток отдельностей на земную поверхность. В процессе использования резцы изнашиваются и заменяются новыми. Скорость износа определяется: соотношением прочности металла и породного массива; формой и параметрами инструмента; режимом эксплуатации резцов. Одна шахта годовой мощностью 6-7 млн т потребляет 15-20 тыс. резцов за год, расходуя на их приобретение 25-30 млн руб. В 2017 г. в Российской Федерации было добыто 408,9 млн т угля, из них подземным способом – 105,4 млн т [1]. Около 80% подземной угледобычи России производится в Кузбассе [2]. Ежегодно в шахты Кузбасса спускается порядка 200-250 тыс. резцов. Основными производителями и поставщиками резцов в шахты России являются машиностроительные заводы городов Новокузнецка, Копейска, Кировграда [3, 4, 5], а также зарубежные фирмы-изготовители: Kennametal, Sandnik, Betek [6, 7, 8].

Применяемые в настоящее время комбайнами резцы относятся к классу тангенциальных поворотных резцов (ТПР). Такой резец представляет собой стальной корпус в виде тела вращения, оснащенный твердосплавным наконечником конусной формы [9, 10]. Резец устанавливается в резцедержателе на исполнительном органе комбайна и используется для отбойки угля и породы от нетронутого массива.

Исследования степени и характера износа резцов, проведенные в шахтах Кузбасса, показали, что интенсивному разрушению подвергается передняя суженная часть головки резца. Ее износ происходит обычно на величину 20-25% длины головки. После износа наконечника резец заменяют новым. При этом практических решений по дальнейшему использованию оставшейся части резца долгие годы не находилось, и она отправлялась в отходы, что определяло низкий уровень ресурсоэффективности процесса отбойки горной массы.

## РАЗРАБОТКА РЕЗЦОВ СОСТАВНОЙ КОНСТРУКЦИИ

На основе выполненных исследований темпа и характера износа резцов, их конструктивного исполнения авторами статьи была разработана новая конструкция резца, обладающего ремонтпригодностью и большей производительностью [11]. Было предложено для продления

срока эксплуатации резца изготавливать его головку составной из основной и сменной частей (рис. 1).

Благодаря изготовлению сменной головки с возможностью поворота вокруг оси резца инструмент обретал второй узел вращения (первый – в резцедержателе), чем обеспечивались более легкие условия для равномерного изнашивания и длительной эксплуатации керна. После его полного износа рабочая часть головки заменялась, а сам корпус резца эксплуатировался многократно. Установленные в процессе промышленных испытаний величины и характера износа головки резца позволило оптимизировать ее конструктивные параметры и повысить надежность закрепления. Промышленные испытания показали возможность продления срока службы резца на порядок [12]. Расход металла на изготовление и использование резцов сокращается до 20 раз.

### РАЗРАБОТКА РЕЗЦОВ С ДИСКОВЫМ НАКОНЕЧНИКОМ

Дальнейшими исследованиями было установлено слабое соответствие применяемой конусной конструкции резца его сущности. Выявлено, что конусная форма инструмента мало пригодна для резания массива. Механизм разрушения породы нынешним резцом носит скалывающе-вырывающий характер. Порода перед наконечником резца сминается, уплотняется, измельчается, а после достижения критических напряжений происходит хрупкий скол и отрыв породных отделиностей от массива [13]. Такой режим разрушения требует больших усилий на внедрение инструмента в породу, высоких энергозатрат комбайна, высокой прочности узлов и трансмиссий. Как показано в [14], распределение энергии на разрушение угля происходит следующим образом:

- 50-78% – на образование ядра;
- 20-46% – на трение резца об уголь;
- 1% – на образование трещин.

Помимо потребления большого количества энергии измельченное породное ядро выступает источником интенсивного пылеобразования в забое, пыль, смешиваясь с метаном, образует взрывоопасную среду, а интенсивное трение резца о массив ведет к искрообразованию. Суммация перечисленных факторов является опасной по причине возможности взрыва пылегазовой атмосферы в шахте.

Устранить перечисленные недостатки резцов позволяет изменение формы твердосплавного элемента с конусной на лезвийную. Результатом становится обретение резцом высокой режущей способности с меньшими усилиями, энергоемкостью и пылением. Конструкция резца с лезвийным наконечником в форме режущего диска представлена на рис. 2 [15].

Изготовление поворотной рабочей части головки облегчает условия вращения лезвия и установки его благодаря силе трения о массив по направлению резания. Благо-



Рис. 1. Резцы со сменной рабочей головкой



Рис. 2. Резец со сменной рабочей головкой, оснащенной режущим диском



Рис. 3. Корона комбайна 1ГПКС со спаренными резцами

даря тому, что длина режущей кромки диска на два порядка больше конусной режущей вставки, срок службы предлагаемого лезвийного резца возрастает как минимум на порядок. Это означает, что усилие внедрения инструмента в породу будет длительное время оставаться на низком уровне. Так, для внедрения в массив на 1 мм острый инструмент требует усилия 4,7 кН, тогда как на быстро затупившийся конусный наконечник необходимо прикладывать усилие на 70% большие [14, 16].

Исследованиями ученых установлено, что удельные энергозатраты комбайна при использовании конусных ТПР в процессе их затупления уже через сутки возрастают на 20-60% [17, 18]. Если у новых резцов удельные энергозатраты составляют 3,5 кВт·ч/м<sup>3</sup>, то к концу суток использования инструмента удельные затраты достигают уже 5,5 кВт·ч/м<sup>3</sup> [19, 20].

### СПАРЕННАЯ РАБОТА РЕЗЦОВ С ДИСКОВЫМ И КОНУСНЫМ НАКОНЕЧНИКАМИ

Дальнейшего существенного повышения эффективности разрушения углепородного массива можно достичь

спаренной установкой резцов на исполнительном органе комбайна. Прообразом перспективного исполнительного органа может служить разработанная ОАО «Гидромаш» корона КПГ 58.000 со спаренными резцами (рис. 3) [21].

На такой короне предлагается изменить расстановку резцов и установить их в резцедержателе не параллельно, а последовательно по линии резания. При этом первым устанавливается инструмент с режущим диском, а за

ним – обычный резец с конусным керном. Резец, оснащенный режущим диском, формирует в массиве узкий рез, шириной, равной ширине режущего диска. Благодаря режущему лезвию удается минимизировать размеры зоны пластической деформации породы (ядра уплотнения) перед резцом, переизмельчения породы и ее пыления, как это имеет место у применяемых в настоящее время ТПР. Внедрение в массив режущего диска происходит при гораздо меньших усилиях, снижая энергоемкость процесса разрушения.

Заостренное лезвие диска, проникая в разрушаемую среду, формирует опережающую трещину вглубь массива вдоль линии резания и боковые микротрещины в прилегающем к диску слое [10, 22]. После прохождения диска происходят закрытие трещин и скол частиц породы. Сформированная в породе осевая трещина имеет сравнительно большую глубину и малую ширину.

Эффект разрушения массива увеличивает идущий вслед за первым второй резец с конусным наконечником и поворотной сменной головкой. Так как конусная армировка движется по уже сформированному резу, дно которого ослаблено осевой трещиной, то этот инструмент не образует перед собой ядра уплотнения, а выполняет функцию расширения берегов реза. При этом если ширина режущего диска на ведущем резце составляет 12 мм, то диаметр конусной вставки второго, ведомого резца достигает 16-22 мм. Порода подвергается сдвиговым напряжениям более широким инструментом вперед по ходу движения резца в сформированное первым резцом пространство. Предел прочности породы на сдвиг на порядок меньше предела прочности при одноосном сжатии, что способствует эффективному ее разрушению. Благодаря двум узлам вращения конусного наконечника и облегченным условиям функционирования срок эксплуатации второго резца существенно возрастает.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спаренная работа резцов обеспечивает:

- облегченные и менее энергоемкие условия внедрения инструмента в массив;
- эффективное сдвиговое разрушение пород конусным наконечником из начального реза;
- эффективное расширение зоны разрушения, предотвращение образования целиков породы между линиями резания и износа корпуса бара или короны;
- низкие стоимостные параметры разрушения массива при высокой ресурсоэффективности.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Статья публикуется при поддержке ИМС Montan» ([www.imsmontan.ru](http://www.imsmontan.ru)).

### Список литературы

1. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2017 года // Уголь. 2018. № 3. С. 58-73. doi: 10.18796/0041-5790-2018-3-58-73. URL: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/032018.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

2. Яновский А.Б. Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. 2017. № 8. С. 10-14. doi: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082017.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

3. Каталог инструмента. Новокузнецк: ООО «Горный инструмент», 2009. 45 с.

4. Резцы для горных машин [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kopemash.ru/products/1/1138.html> (дата обращения: 15.10.2018).

5. Резцы горные [Электронный ресурс]. URL: <https://kztsdm.ru/Product/rezcy/gornye> (дата обращения: 15.10.2018).

6. Каталог инструмента фирмы BETEK [Электронный ресурс]. URL: <http://www.betek.de/ru/productprogramme/mining-tunneling.html> (дата обращения: 15.10.2018).

7. Бизнес-система Кеннаметал. Каталог продукции фирмы Кеннаметал. 2006. 38 с.

8. Современное оборудование компании Sandvik для угольных шахт // Горная промышленность. 2011. № 2. С.36.

9. Совершенствование рабочих органов горных машин для выемки прочных полезных ископаемых / Б.Л. Герике, А.А. Хорешок, П.Б. Герике, В.М. Лизункин // Горное оборудование и электромеханика. 2011. № 1. С. 12-16.

10. Производство и эксплуатация разрушающего инструмента горных машин: монография / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин и др. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. 296 с.

11. Prokopenko S.A., Kurzina I.A., Lesin Yu.V. Prospects for improvement of mining machines' cutting picks. IOP Conference Series / Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 124, Article number 012134. Pp. 1-5. doi: 10.1088/1757-899X/124/1/012134.

12. Prokopenko S.A., Ludzish V.S., Li A.A. Recycling possibilities for reducing waste from cutters on combined cutter-loaders and road builders // Waste Management and Research. 2017. № 35. Pp. 1278-1284. doi: 10.1177/0734242X17731154

13. Технологические основы вентиляции забоя по критерию пылеобразующей способности проходческого комбайна / Е.А. Колесниченко, И.Е. Колесниченко, Е.И. Любомищенко, В.Н. Демура // Уголь. 2012. № 6. С.39-42. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062012.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

14. Крестовоздвиженский П.Д. Повышение прочности тангенциальных поворотных резцов горных очистных комбайнов: дисс... на соискание степени канд. техн. наук. Кемерово, 2011. 146 с.

15. Прокопенко С.А., Лудзис В.С., Курзина И.А. Разработка комбайновых резцов нового класса // Горный журнал. 2017. № 2. С.75-78. doi: 10.17580/gzh.2017.02.14.

16. Выбор формы армирующих вставок для тангенциальных поворотных резцов горных машин / П.Д. Крестовоздвиженский, В.И. Клишин, С.М. Никитенко, П.Б. Герике // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2014. № 6. С. 107-115.

17. Study of conical bit rotation using full-scale rotary cutting experiments / E. Kim, J. Rostami, C. Swope et al. // Journal of Mining Science. 2012. N 48. Pp. 717-731.

18. A theoretical model for predicting the peak cutting force of conical picks / K.D. Gao, C.L. Du, H.X. Jiang et al. // Fratt Integr Strutt. 2014. N 8. Pp. 43-52.

19. Экспериментальные исследования режимов работы исполнительного органа проходческого комбайна / О.Е. Шаббаев, А.К. Семенченко, Н.В. Хиценко, Н.И. Стадник // Горное оборудование и электромеханика. 2010. № 10. С. 49-56.

20. Шабает О.Е., Хиценко Н.В., Бридун И.И. Формирование усилий резания на резцах исполнительного органа проходческого комбайна с учетом затупления [Электронный ресурс]. URL: <http://ea.dgtu.donetsk.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/26246/1/shhicbri.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

21. Коронка комбайна 1ГПКС КЛГ 58.000 [Электронный ресурс]. URL: <http://gidromash.ru/> (дата обращения: 15.10.2018).

22. Формирование нагруженности реверсивных коронок с дисковым инструментом на трехгранных призмах / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 4. С. 3-10.

UDC 622.232.72.054.54 © S.A. Prokopenko, M. Cehlar, 2018  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 18-21

COAL MINING EQUIPMENT

## Title IMPROVING EFFICIENCY OF ROCK DESTRUCTION THROUGH TWINNED OPERATION OF VARIOUS BIT CUTTERS

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-18-21>

### Authors

Prokopenko S.A.<sup>1,2</sup>, Cehlar M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russian Federation

<sup>2</sup>“Scientific Centre “VostNIi” for Industrial and Environmental Safety in Mining Industry” JSC, Kemerovo, 650002, Russian Federation

<sup>3</sup>Technical University of Kosice (TUKE), 04200, Kosice, Slovakia

### Authors

**Prokopenko S.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Leading Researcher, e-mail: [sibgp@mail.ru](mailto:sibgp@mail.ru)

**Cehlar M.**, PhD (Engineering), Professor, Dean Faculty of Mining, Ecology, Process Control and Geotechnologies, e-mail: [michal.cehlar@tuke.sk](mailto:michal.cehlar@tuke.sk)

### Abstract

The cutters currently used in mine combines have a one-time use pattern and a high level of metal waste. A replaceable operating bit cutter design was proposed and tested. This bit allows to run the cutter next longer with a significant reduction in metal usage. A poor compliance of the conical design cutters with the essence of the concept “cutter”. The cutter design with a blade bit in the form of a cutting disk has been developed. Such a cutter has a higher cutting ability with less effort, breakdown energy intensity and dusting. The large length of the cutting edge extends significantly the time of cutter effective use. Mounting on the working member consistently in the cutting line of two cutters – first with a disk and then with a tapered bit – provides a further increase in the rock destruction efficiency. The twinned operation of various bit cutters is characterized by easier conditions for the massif penetration; exception of the conditions for formation of a crushed rock core; effective shear rupture of the initial cut faces. The result is a reduction in the combine energy costs, a long service life of the rock-cutting tool, and increase in the resource efficiency of rock mass breaking.

### Keywords

Mine, Combine, Working member, Cutter, Rock, Design, Detachable bit, Disk, Cut, Twinned installation (mounting)

### References

1. Tarazanov I.G. Itogy raboty ugol'noy promishlennosti Rossii za yanvar – dekabr 2017 [Russia's coal industry performance for January – December, 2017]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 3, Pp. 58-73. doi: 10.18796/0041-5790-2018-3-58-73. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/032018.pdf> (accessed 15.10.2018).
2. Yanovsky A.B. Osnovnye tendentsii i perspektivy razvitiya ugol'noy promyshlennosti Rossii [Main trends and prospects of the coal industry development in Russia]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2017, No. 8, Pp. 10-14. doi: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082017.pdf> (accessed 15.10.2018).
3. *Katalog instrumenta* [Tool Catalog]. Novokuznetsk, “Gorniy instrument” LLC, 2009, 45 p.
4. *Reztzy dlya gornyykh mashin* [Mining machine cutters]. [Electronic resource]. Available at: <http://www.kopemash.ru/products/1/1138.html> (accessed 15.10.2018).
5. *Reztzy gornyye* [Mining cutters]. [Electronic resource]. Available at: <https://kzts-dm.ru/Product/rezcy/gornyye> (accessed 15.10.2018).
6. *Katalog instrumenta firmy BETEK* [BETEK Tool Catalog]. [Electronic resource]. Available at: <http://www.betek.de/ru/productprogramme/mining-tunneling.html> (accessed 15.10.2018).
7. *Biznes sistema Kennametal. Katalog produktsii firmy Kennametal* [Kennametal business system. Kennametal products catalog]. 2006, 38 p.
8. *Sovremennoye oborudovaniye kompanii Sandvik dlya ugol'nykh shakht* [Sandvik state-of-the-art equipment for coal mines]. *Gornaya Promyshlennost' – Mining Industry*, 2011, No. 2, p. 36.
9. Gerike B.L., Khoreshok A.A., Gerike P.B. & Lizunkin V.M. Sovershenstvovaniye rabochikh organov gornyykh mashin dlya vvyemki prochnyykh poleznykh iskopaemykh [Improving shearers of mining machines for extraction of durable

mineral deposits]. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika – Mining Equipment and Electromechanics*, 2011, no. 1, Pp. 12-16.

10. Khoreshok A.A., Mametiev L.E., Tsekhin A.M. et al. *Proizvodstvo i ekspluatatsiya razrushayushchego instrumenta gornyykh mashin*: Monografiya [Production and operation of mining machine rock destruction tools. Monograph]. Tomsk, Tomsk Technological University Publ., 2013, 296 p.

11. Prokopenko S.A., Kurzina I.A. & Lesin Yu.V. Prospects for improvement of mining machines' cutting picks. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, 2016, Vol. 124, Article No. 012134, Pp. 1-5. doi: 10.1088/1757-899X/124/1/012134.

12. Prokopenko S.A., Ludzish V.S. & Li A.A. Recycling possibilities for reducing waste from cutters on combined cutter-loaders and road builders. *Waste Management and Research*, 2017, No. 35, Pp. 1278-1284. doi: 10.1177/0734242X17731154

13. Kolesnichenko E.A., Lyubomishenko E.I., Kolesnichenko I.E., Demura V.N. Tekhnologicheskie osnovy ventilyatsii zaboya po kriteriyu pyleobrazuyushhej sposobnosti prokhodcheskogo kombajna [Basic technology for working face ventilation as per the tunneling machine dust formation capability criterion]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2012, No. 6, Pp. 39-42. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062012.pdf> (accessed 15.10.2018).

14. Krestovozdvjzhensky P.D. *Povysheniye prochnosti tangentsial'nykh povorotnykh reztsov gornyykh ochistnykh kombaynov*. Diss. kand. tekhn. nauk [Strengthening of tangential rotary cutters of cutter-loaders. PhD (Eng.) sci. diss.]. Kemerovo, 2011, 146 p.

15. Prokopenko S.A., Ludzish V.S. & Kurzina, I.A. Design of new-class picks for cutter-loaders. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2017, No. 2, Pp. 75-78. doi: 10.17580/gzh.2017.02.14

16. Krestovozdvjzhensky P.D., Klislin V.I., Nikitenko S.M. & Gerike P.B. Vybor formy armiruyushchikh vstavok dlya tangentsial'nykh povorotnykh reztsov gornyykh mashin [Choosing form of reinforcing inserts for tangential rotary cutters of mining machines]. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh – Journal of Mining Science*, 2014, No. 6, Pp. 107-115.

17. Kim E., Rostami J., Swope C. et al. Study of conical bit rotation using full-scale rotary cutting experiments. *Journal of Mining Science*, 2012, No. 48, Pp. 717-731.

18. Gao K.D., Du C.L., Jiang H.X. et al. A theoretical model for predicting the peak cutting force of conical picks. *Fratt Integr Strutt*, 2014, No. 8, Pp. 43-52.

19. Shabaev O.E., Semenchenko A.K., Khitsenko N.V. & Stadnik N.I. Eksperimental'nyye issledovaniya rezhimov raboty ispolnitel'nogo organa prokhodcheskogo kombayna [Experimental studies of the operating modes of the tunneling machine shearer]. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika – Mining Equipment and Electromechanics*, 2010, No. 10, Pp. 49-56.

20. Shabaev O.E., Khitenko N.V. & Bridun I.I. *Formirovaniye usilii rezaniya na reztzakh ispolnitel'nogo organa prokhodcheskogo kombayna s uchedom zatupleniya* [Formation of cutting efforts on the cutters of the tunneling machine shearer, taking account of blunting]. [Electronic resource]. Available at: <http://ea.dgtu.donetsk.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/26246/1/shhicbri.pdf> (accessed 15.10.2018).

21. *Koronka kombayna 1GPKS KLG 58.000* [Combine pit 1GPKS KLG 58.000]. [Electronic resource]. Available at: <http://gidromash.ru/> (accessed 15.10.2018).

22. Khoreshok A.A., Mametiev L.E., Tsekhin A.M. & Borisov A.Yu. Formirovaniye nagruzhennosti reversivnykh koronok s diskovym instrumentom na trekhgrannykh prizmakh [Formation of the loading of reversible bits with a disk tool on trihedral prisms]. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika – Mining Equipment and Electromechanics*, 2016, No. 4, Pp. 3-10.

# Продукты и технический аудит компании TOTAL – гарантия надежной и эффективной работы предприятий

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-22-23>

## БАЧУРИН Юрий Игоревич

Технический специалист  
ООО «ТОТАЛ ВОСТОК»,  
119049, г. Москва, Россия,  
тел.: +7 (495) 937-37-84,  
e-mail: [info@total-russia.ru](mailto:info@total-russia.ru)

Для эффективной и бесперебойной работы горной техники необходимо своевременно осуществлять ее технический аудит, производить подбор эффективных смазочных материалов с учетом реальных условий эксплуатации горного оборудования. Услуги по техническому аудиту предлагает компания TOTAL, о чем рассказывается в данной статье. Кроме того, в статье представлены моторные масла и смазочные материалы компании TOTAL, предназначенные для угольной и горной промышленности.

**Ключевые слова:** технический аудит, горнотранспортная техника, моторные масла, смазочные материалы, снижение затрат на обслуживание, интервал замены масла.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ АУДИТ КОМПАНИИ TOTAL

В рамках технической поддержки, а также с целью расширения сотрудничества по направлению «смазочные материалы», компания TOTAL выполняет технические аудиты промышленных предприятий.

Одним из путей по повышению эффективности работы промышленного предприятия является проведение на нем технического аудита. В частности, технический аудит может осуществляться специалистами компании – производителя смазочных материалов. В данном случае усилия аудиторов будут направлены на то, чтобы обеспечить правильный подбор смазочных материалов с учетом реальных условий работы оборудования. Помимо этого, в силах таких специалистов, проводящих технический аудит, установить оптимальный интер-



вал замены масел, что в дальнейшем позволит снизить затраты на закупку смазочных материалов и простой оборудования в связи с необходимостью их замены, а также избежать непредвиденных затрат в случае поломки оборудования в результате несвоевременной замены смазочного материала.

При подборе смазочных материалов обязательно должны учитываться рекомендации производителей техники, а также приниматься во внимание особенности работы оборудования в условиях конкретного предприятия. Дополнительная информация о состоянии масла и смазываемого им узла может быть получена в ходе мониторинга масла из системы смазки в лаборатории. Проведение лабораторных анализов проб масел, отобранных в ходе мониторинга, позволяет оценить эффективность приме-

нения смазочных материалов, а также установить оптимальный интервал их замены.

Оптимальный интервал замены смазочных материалов – важнейшая составляющая для обеспечения эффективной эксплуатации техники. Интервал замены в первую очередь всегда устанавливает производитель оборудования. Однако интервал замены может быть скорректирован по результатам анализа проб масла в лаборатории. Увеличение интервала замены масла позволяет сократить расходы на время простоя техники, необходимое для замены смазочных материалов, а также на закупку смазочных материалов. В то же время по результатам анализов интервал замены может быть снижен, что позволит предотвратить простой техники и оборудования на незапланированный ремонт.



Итогом выполненного технического аудита может быть составление программы опытно-промышленного использования масла TOTAL в технике клиента. В ходе опытно-промышленного пробега удастся установить оптимальный интервал замены масла в конкретных условиях, а также по результатам анализов используемых масел отследить динамику износа смазываемых узлов и агрегатов.

### МОТОРНЫЕ МАСЛА КОМПАНИИ TOTAL ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Для предприятий угольной промышленности компания TOTAL предлагает моторные масла линейки RUBIA WORKS, разработанные специально для тяжелых условий работы двигателей машин горнодобывающей промышленности. Высокий уровень свойств моторных масел RUBIA WORKS достигается за счет использования синтетических компонентов при их производстве. Улучшенный состав моторных масел TOTAL RUBIA WORKS позволяет достичь продленных интервалов замены и снизить стоимость эксплуатации техники за счет сокращения затрат на ее обслуживание и незапланированные простои. Эксплуатационные испытания, проведенные совместно с рядом компаний в России, подтверждают такую возможность.



# TOTAL

ООО «ТОТАЛ ВОСТОК»

Тел.: +7 (495) 937-37-84

www.total-lub.ru



### СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КОМПАНИИ TOTAL ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Помимо специальных улучшенных моторных масел компания TOTAL имеет полный арсенал смазочных материалов, необходимых для надежной и бесперебойной работы карьерной техники и горношахтного оборудования:

- трансмиссионно-гидравлические масла TOTAL DYNATRANS AC 10W, 30 и 50, которые отвечают требованиям спецификаций CAT TO-4, Komatsu Clutch Test, официально одобрены ZF и ALLISON. Масла DYNATRANS уже успешно зарекомендовали себя на российском рынке, обеспечивая надежную работу техники KOMATSU и CATERPILLAR с интервалами замены 2000 м/ч;

- минеральные и синтетические редукторные масла CARTER;

- широкий ассортимент гидравлических жидкостей: летняя AZOLLA ZS, всесезонная EQUIVIS ZS и арктическая EQUIVIS XLT. При этом бесцинковое всесезонное гидравлическое масло TOTAL EQUIVIS AF также допускает увеличение интервала замены, сверх рекомендованного производителем. Данный продукт уже успешно прошел эксплуатационные испытания в России;

- специальные пластичные смазки для работы в широком диапазоне температур окружающей среды, в том числе для централизованных систем смазки – MULTIS, MULTIS COMPLEX, COPAL, CERAN. Смазки CERAN обладают очень высокой водостойкостью, таким образом, их использование очень выгодно при работе в обводненных условиях.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, компания TOTAL предоставляет своим клиентам все необходимое для бесперебойного и эффективного функционирования угледобывающих и горнодобывающих предприятий. Это и качественные смазочные материалы последнего поколения, и выполнение анализов масел в специализированной лаборатории ANAC. Техническая поддержка, помощь в разработке программы анализов – эти услуги также составляют неотъемлемую часть сервиса, оказываемого техническими специалистами компании.

***Рационализация ассортимента и постоянный мониторинг смазочных материалов в работающих машинах и оборудовании – ключ к эффективной и бесперебойной работе предприятия.***



# Нагруженность и долговечность средств крепления резцов при износе гнезд резцедержателей угледобывающих комбайнов

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-24-29>

## ЛИННИК Юрий Николаевич

Доктор техн. наук, профессор,  
профессор кафедры «Экономика и управление  
в топливно-энергетическом комплексе»  
ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,  
109542, г. Москва, Россия,  
тел.: +7 (916) 110-18-77,  
e-mail: ylinnik@rambler.ru

## ЛИННИК Владимир Юрьевич

Доктор экон. наук, доцент,  
профессор кафедры «Экономика и управление  
в топливно-энергетическом комплексе»  
ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,  
109542, г. Москва, Россия,  
тел.: +7 (910) 439-16-01,  
e-mail: d0c3n7@gmail.com

## ГАРИФУЛЛИН Фаннур Фаргатович

Аспирант кафедры «Экономика и управление  
в топливно-энергетическом комплексе»  
ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,  
109542, г. Москва, Россия,  
тел.: +7 (910) 419-75-77,  
e-mail: fannurgarifullin@mail.ru

При работе угледобывающих комбайнов значительная доля отказов шнеков происходит из-за износа гнезд резцедержателей в связи с утратой рабочих функций существующих средств крепления резцов. В статье изложены результаты исследования нагруженности резцов и средств их крепления в резцедержателях угледобывающих комбайнов в зависимости от величины износа гнезд. Установлено, что в процессе изнашивания гнезд и увеличения зазоров в соединении «резец – резцедержатель» изменяются кинематические углы резания, что необходимо учитывать в расчетах по определению силовой нагруженности исполнительных органов комбайнов. В процессе разрушения угольного массива существующие средства крепления резцов испытывают циклические нагрузки, которые существенно возрастают по мере изнашивания гнезд резцедержателей, что приводит к их преждевременному выходу из строя и, как следствие, к потерям резцов. По результатам исследований даны рекомендации по созданию пассивных средств крепления резцов.

**Ключевые слова:** очистной комбайн, исполнительный орган, резец, резцедержатель, крепление резца, износ, сила резания, нагруженность исполнительного органа, кинематические углы резания, отказ шнека, угольный массив.

## ВВЕДЕНИЕ

Практика эксплуатации очистных комбайнов показывает, что при работе очистных комбайнов значительная доля отказов шнеков (от 15 до 91% в зависимости от условий эксплуатации и в среднем по отрасли – 49%) происходит из-за износа гнезд резцедержателей. Связано это с тем, что по мере износа гнезд и увеличения в этой связи зазора между резцом и стенками гнезда резцедержателя утрачиваются рабочие функции существующих средств крепления, что приводит к массовым потерям резцов при добыче угля в забое, доля которых достигает 30% общего числа резцов [1].

Кроме этого, в процессе изнашивания гнезд резцедержателей изменяются кинематические углы резания резцов, что негативно влияет на нагруженность исполнительного органа, а следовательно, и на такие важные показатели эффективности его функционирования, как производительность и энергозатраты при выемке [2, 3].

Поэтому вопросы оценки влияния износа резцедержателей на процесс резания и нагруженность инструмента требуют специального рассмотрения. В этой связи были выполнены исследования, в ходе которых определялись механизм взаимодействия резца с креплением и нагрузки в соединении «резец – резцедержатель» при изменении пространственной ориентации резцов в изношенном резцедержателе. На основе исследований даны рекомендации по повышению надежности средств крепления резцов.

## НАГРУЖЕННОСТЬ РЕЗЦОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗНАШИВАНИЯ ГНЕЗД РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЕЙ

Вопросам нагруженности режущего инструмента и проектирования исполнительных органов (шнеков) угледобывающих машин посвящено значительное число публикаций как отечественных, так и зарубежных ученых [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Однако в них при определении усилий, действующих на резцы, не учитывается изменение кинематических углов в процессе изнашивания гнезд резцедержателей. Происходит это потому, что при износе гнезд резцедер-

жателей на величину  $r_{T1}$  резец отклоняется от своего исходного положения в направлении действия усилий резания  $Z$  на величину  $x_T$  (рис. 1), в результате чего изменяются действующие на резец нагрузки.

Поскольку зазоры между резцом и стенками гнезда резцедержателя в процессе изнашивания последнего увеличиваются, то с большой долей вероятности можно ожидать, что в процессе резания резец может менять свое положение в изношенном гнезде резцедержателя в зависимости от отношения отжимающих усилий (усилия подачи)  $Y$  к усилиям резания  $Z$  ( $K_n = Y/Z$ ) и величины зазора  $\Delta_T$  в направлении их действия, зависящего от величины износа  $r_{T1}$  и  $r_{T2}$ .

Для оценки степени влияния зазоров в соединении «резец – резцедержатель» на нагруженность были выполнены экспериментальные исследования процесса резания, в ходе которых при резании углеродистых блоков острыми и затупленными радиальными резцами, наряду с усилиями резания  $Z$  и подачи  $Y$ , датчиками фиксировались отклонения резца в резцедержателе. Сигналы с датчиков направлялись на ЭВМ для обработки поступающих экспериментальных данных. Резание углеродистых блоков длиной 2400 мм производилось на продольно-строгальном станке с постоянной (10, 15, 20, 25 и 30 мм) и переменной (изменяющейся за один рез от 0 до 40 мм) толщиной стружки, шагом резания  $t = 5$  см и скоростью  $V_p = 1$  м/с. Резание с переменной толщиной стружки более полно соответствует характеру нагружения инструмента шнекового исполнительного органа в реальных условиях эксплуатации, когда угольный массив разрушается стружками серповидной формы. В качестве регистрируемого параметра отклонения была принята величина  $\Delta_p$ .

Анализ траектории перемещения резца  $\delta$  и соответствующих ему усилий  $Z$ ,  $Y$  и  $x_T$  позволил в зависимости от соотношения усилий резания  $Z$  и подачи  $Y$  ( $K_n = Y/Z$ ) выделить следующие характерные положения резца в резцедержателе:

- устойчивое (статическое) заднее положение – отмечается при резании острым резцом с любой толщиной стружки;
- колебание резца вблизи заднего (нулевого) положения резца, иногда касаясь упора  $A$  (неустойчивое заднее положение), – отмечается при резании затупленным резцом с большими толщинами стружки;
- колебание резца вблизи переднего положения, контактируя с упором  $B$ , – отмечается при резании предельно затупленным резцом, когда отжимающие резец усилия максимальны;
- устойчивое (статическое) переднее положение – отмечается только при резании с малой толщиной стружки предельно затупленным резцом;

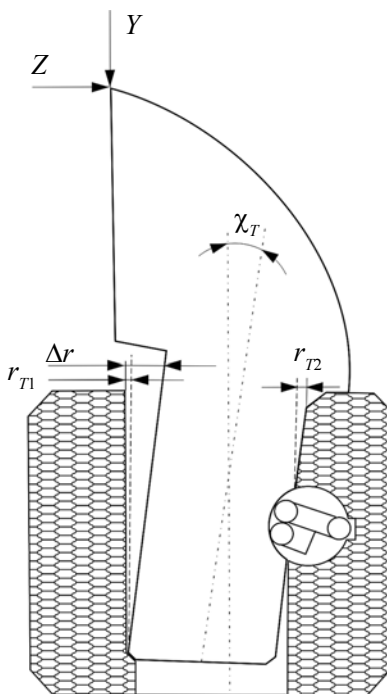


Рис. 1. Схема взаимодействия резца с креплением в изношенном резцедержателе

– движение резца из заднего положения в переднее и обратно (так называемое явление переброса резца), имеющее место, как правило, при передовых выколах массива углеродистого блока.

В таблице приведены средние значения приращений усилий резания  $\bar{Z}$  и подачи  $\bar{Y}$ , полученные по данным 84 экспериментов резания углеродистых блоков острым резцом, устанавливаемым в резцедержателях с различными зазорами между его стенками и державкой резца. При этом резец жестко фиксировался в заднем положении под углами  $\chi_T = 2,2; 3,4; 4,8$  и  $7,4$  градусов, соответствующими значениями зазоров, указанных в таблице.

Эксперименты показали, что с увеличением величины зазора  $\Delta_T$  и соответствующем увеличении углов резания  $\delta$  и заднего  $\alpha$  наблюдается линейный рост составляющих усилий резания  $\bar{Z}$  и  $\bar{Y}$ , хотя увеличение усилий подачи  $\bar{Y}$  в данном случае несущественно (от 1,21 кН при  $\Delta_T = 0$  до 1,32 кН при  $\Delta_T = 7,8$  мм. Приращение усилий  $Z$  заметно возрастает и достигает почти 40% при  $\delta = 90,5^\circ$  ( $\alpha = 15,5^\circ$ ).

Рассмотрим далее, каким образом изменяются усилия на резце при резании им углеродистого блока с меняющейся в процессе единичного реза толщиной стружки (рис. 2). Кривые изменения усилий резания  $\bar{Z}$  и подачи  $\bar{Y}$  по длине углеродистого блока получены при отклонении резца от исходного положения и соответствующем изменении в процессе единичного опыта толщины стружки  $h$  от 0 до 40 мм. Кривые получены по средним значениям параметров в интервалах каждого из 100 мм пути резания.

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет следующим образом трактовать физическую сущность процесса резания резцом, колеблющимся в изношенном резцедержателе. В начальный период резания (зона I) на резец действуют преимущественно отжимающие усилия, отклоняющие резец из заднего статически уравновешенного (устойчивого) положения в переднее. Толщина стружки на этом участке пути резания равна нулю. После того, как резец занял переднее положение, процесс резания начинает сопровождаться нарастанием толщины стружки  $h$  и соответствующим ростом

**Значения приращений усилий резания при увеличении углов резания и заднего**

Величина зазора $\Delta_T$ , мм	Задний угол $\alpha$ , градус	Угол резания $\delta$ , градус	Приращение усилий (в долях от единицы) по отношению к усилиям при $\Delta_T = 0$	
			$\bar{Z}$	$\bar{Y}$
0,0	8,0	83,0	1,0	1,0
2,3	10,2	85,2	1,19	1,04
3,6	11,0	86,0	1,23	1,04
5,0	12,7	87,7	1,25	1,13
7,8	15,5	90,5	1,39	1,0

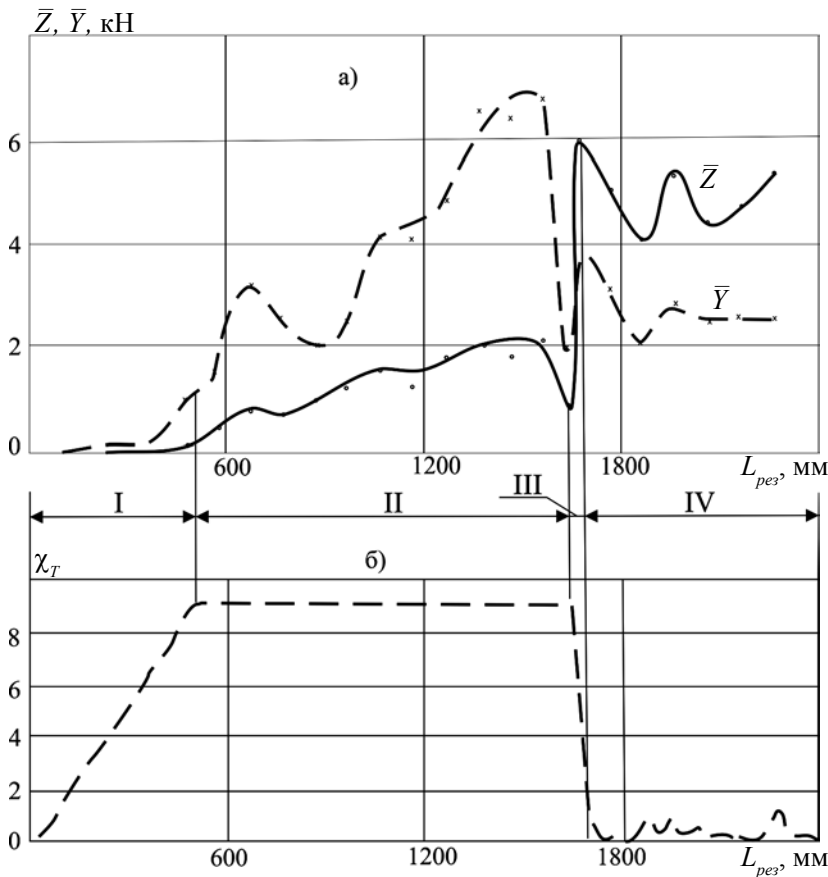


Рис. 2. Кривые изменения усилий резания  $\bar{Z}$  и подачи  $\bar{Y}$  (а) и отклонения резца  $\chi_T$  (б) в процессе резания углицементного блока

усилий  $\bar{Z}$  и  $\bar{Y}$  (зона II). В момент передового выкола происходят резкий спад и перераспределение уровня нагрузок  $\bar{Z}$  и  $\bar{Y}$ , вызывающие переброс резца в сторону заднего положения (зона III), после чего резание, сопровождающееся преобладающим ростом усилий  $\bar{Z}$  над  $\bar{Y}$ , происходит резцом, колеблющимся вблизи заднего устойчивого положения (зона IV).

**НАГРУЖЕННОСТЬ СРЕДСТВ КРЕПЛЕНИЯ РЕЗЦОВ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ ГНЕЗД РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЕЙ**

Рассмотрим механизм формирования нагрузок на средствах крепления резцов в процессе изнашивания гнезд резцедержателей. Не останавливаясь подробно на методологических аспектах и анализе полученных данных, изложим основные результаты исследований, которые сводятся к следующему (рис. 3):

1. При статическом нагружении в направлении действия силы резания  $Z$  до определенных ее значений величина усилий  $P_{ZCT}$ , действующих на крепление резца, сначала возрастает, а затем стабилизируется на одном уровне. Происходит это после расклинивания резца в резцедержателе, в результате чего прекращается рост угла  $\chi_T$ , а следовательно, и деформация крепления. При прочих равных условиях с увеличением длины хвостовика резца величина  $P_{ZCT}$  уменьшается, поскольку уменьшаются угол  $\chi_T$  и деформация крепления.

2. При работе в реальных условиях эксплуатации происходит циклическое нагружение средств крепления резцов. При внедрении резца в разрушаемый массив крепле-

ние начинает нагружаться силой  $P_Z$  и, достигая своего максимума  $P_{ZMAX}$ , затем начинает постепенно разгружаться до  $P_{ZMIN}$  к моменту выхода его из забоя. Другими словами, имеет место соответствие частоты нагружения крепления и вращения шнека.

3. При конкретном значении  $\chi_T$  рост усилий резания  $Z$  на острых резцах сопровождается линейным возрастанием усилий  $\Delta P_Z$  (см. рис. 3, а), причем интенсивность возрастания усилий тем больше, чем больше угол  $\chi_T$  в соединении.

4. При резании угольного пласта резцом со скошенной головкой (см. рис. 3) поток разрушенного материала, действуя на скос в месте перехода от державки к режущей части, способствует извлечению (выталкиванию) резца из гнезда резцедержателя. Причем чем больше величина износа резцедержателя, тем более благоприятны условия для выталкивания резца, поскольку при увеличении в этом случае угла  $\chi_T$  направление движения потока горной массы приближается к направлению перемещения резца в резцедержателе. Перемещение резца в осевом направлении создает на крепление дополнительное давление со стороны паза хвостовика, что и является, в конечном счете, причиной увеличения нагрузки  $\Delta P_{ZMAX}$  на величину  $\Delta P_Z$ .

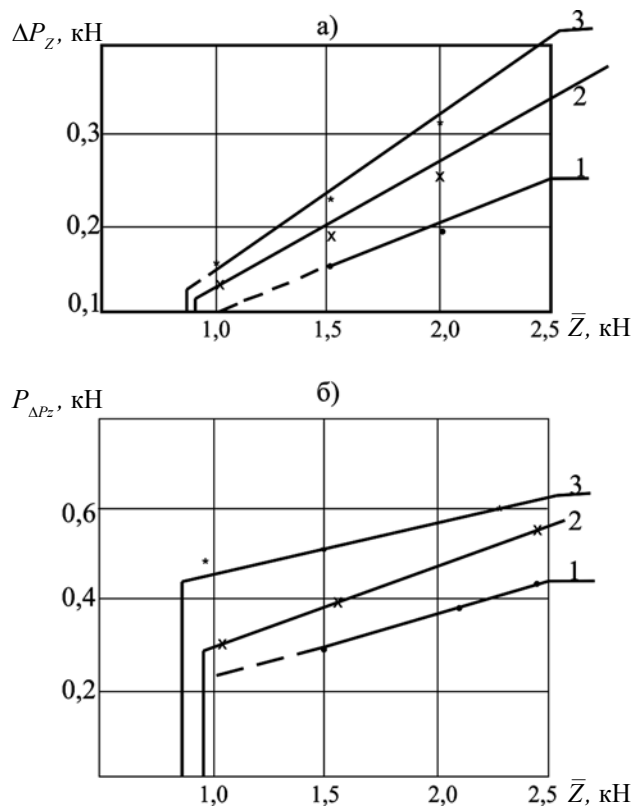


Рис. 3. Зависимости приращения усилий  $\Delta P_Z$  (а) на крепении и вероятности их появления  $P_{\Delta P_Z}$  (б) от силы резания  $Z$  при резании острыми резцами с различным углом поворота в изношенных резцедержателях: 1 -  $\chi_T = 1,3^\circ$ ; 2 -  $\chi_T = 2,54^\circ$ ; 3 -  $\chi_T = 5,4^\circ$

Доказательством такого предположения является тот факт, что при статическом нагружении резцов со скошенной головкой увеличение усилий на креплении не отмечается.

5. При увеличении скорости подачи комбайна и росте усилий возрастает вероятность приращения усилий  $P_{\Delta P_z}$  на креплении, что связано с увеличением крупности продуктов разрушения, положительно сказывающиеся на эффективности выталкивания резца из резцедержателя.

6. При затуплении резцов отжимающие усилия, действующие со стороны забоя, возрастают, в результате чего меняется направление действия равнодействующей усилий резания  $Z$  и подачи  $Y$  в сторону, противоположную извлечению инструмента из резцедержателя. В результате этого при резании резцом со скошенной головкой приращение максимальных усилий  $\Delta P_{Z,MAX}$  и вероятность приращения  $P_{\Delta P_z}$  на активном креплении снижаются, и при определенных значениях величины износа резца они стабилизируются на уровне нагрузок, соответствующем статическому нагружению резца.

7. С увеличением угла поворота  $\chi_r$  резца при изнашивании резцедержателей уровень приращения силы  $\Delta P_z$  на креплении в случае резания как острым, так и затупленным резцом, возрастает.

Таким образом, вышеизложенные результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что надежность применяемых активных средств крепления резцов связана с действующими на них со стороны хвостовика резца циклическими нагрузками, вызывающими деформацию креплений. Причем чем больше износ гнезда резцедержателя, тем выше максимальная нагрузка на крепление и его деформация, а следовательно, ниже долговечность крепления. В этой связи были выполнены исследования, направленные на установление требуемого уровня долговечности при работе угледобывающих комбайнов и путей их повышения.

При проектировании по принадлежности средств крепления исполнительному органу их можно разделить на крепления, принадлежащие резцу, и крепления, входящие в конструкцию шнека. Так как крепления первого типа (одноразового использования) не предназначены для повторного использования, то долговечность их должна соответствовать, как минимум, долговечности резца. Долговечность креплений, входящих в конструкцию шнека, должна соответствовать межремонтному ресурсу исполнительного органа.

Для определения требуемой долговечности креплений одноразового использования следует исходить из того, что наработка на отказ их, выраженная в пути резания шнеком  $T_{L_{кр.р}}$ , должна быть не менее наработки на отказ инструмента по износу  $T_{L_{ин.р}}$  в условиях, где расход инструмента минимален. Таким условиям соответствуют пласты группы I-1 типовых условий применения исполнительных органов с показателем эквивалентной сопротивляемости пласта резанию  $A_3 \leq 200$  Н/мм без породных прослоек или содержащих слабые по крепости прослойки аргиллита [10]. Основываясь на том, что наработка на отказ резцов должна быть равна пути трения, проходимого резцом до достижения им предельно допустимого износа [11], было установлено, что в группе I-1 условий наработка на отказ креплений должна составлять не менее 470 км. Учитывая,

что даже в условиях одного очистного забоя имеет место существенная вариация свойств угольного массива, необходимо соблюдение условия:

$$T_{L_{кр.р}} \geq T_{L_{ин.р}} + 2\sigma_{u.p.} \quad (1)$$

где  $\sigma_{u.p.}$  – среднее квадратическое отклонение наработки до износа резца.

Расчетами установлено, что с вероятностью безотказной работы 0,8 наработка на отказ крепления при одноразовом использовании должна быть не менее 600 км пути резания. При проектировании средств крепления резцов для условий многократного использования их долговечность должна соответствовать наработке на отказ исполнительного органа по износу гнезд резцедержателей  $T_{Lu}$ , определяемой исходя из величины их предельно допустимого износа  $r_{T.нр.}$ . С учетом вариации наработки:

$$T_{L_{кр.р}} = T_{Lu} + 2\sigma_{T.Lu.} \quad (2)$$

где  $\sigma_{T.Lu.}$  – коэффициент вариации наработки до износа гнезда резцедержателя, определяемый по формуле.

Подсчитано, что при условии обеспечения 80% уровня вероятности безотказной работы наработка на отказ креплений многократного использования в группе II-2 типовых условий (средние условия эксплуатации по сопротивляемости резанию угля и содержанию породных прослоек) должна быть не менее 1570 км, а в группе I-1 условий – не менее 2590 км.

Циклическая долговечность активных средств крепления радиальных резцов может быть рассчитана по формуле:

$$N_{кр} = \frac{2T_{L_{кр.р}}}{\pi D_{ш}} \quad (3)$$

Расчеты, выполненные по последней формуле, показали, что проектирование средств крепления резцов одноразового использования должно осуществляться, исходя из максимально возможного количества циклов нагружения крепления  $N_{кр} = 606$  кЦ при применении их на шнеках диаметром  $D_{ш} = 0,63$  м.

Определим требуемый уровень циклической долговечности креплений при условии их многократного использования для групп I-1, II-2 и III-3 типовых условий (1), являющихся, по существу, соответственно легкими, средними и тяжелыми условиями эксплуатации исполнительных органов со средними значениями показателя эквивалентной сопротивляемости пласта резанию  $A_3 = 140$  Н/мм,  $A_3 = 220$  Н/мм.

Расчеты выполнены для шнеков различных диаметров с двумя радиальными резцами в линии резания, закрепленными активными креплениями. Скорость вращения исполнительного органа во всех случаях принималась равной 50 об/мин, скорость подачи комбайна  $V_n = 5; 2,5; 1,5$  м/мин при работе комбайнов в группах I-1, II-2 и III-3 типовых условий соответственно.

При создании креплений многократного использования следует ориентироваться на группу I-1 типовых условий, где межремонтный ресурс шнеков, а следовательно, и соответствующее ему количество циклов нагружения креплений максимальны. Однако при создании таких креплений возможны значительные экономические издержки, которые для остальных групп типовых условий могут

быть неоправданны. В этой связи были рассмотрены экономические ограничения, которые возможны при проектировании средств крепления инструмента.

При проектировании креплений следует учитывать два фактора: надежность закрепления резца в резцедержателе и цена узла «резец – крепление – резцедержатель» [12]. При этом возможны варианты, имеющие одинаковую надежность, но различную стоимость либо имеющие различную надежность при одинаковой стоимости.

Очевидно, что из рассматриваемых вариантов узла крепления резца с резцедержателем оптимальным является тот, который при эксплуатации обеспечивает минимальные стоимостные затраты на 1 т добычи. Предложено выбор конструкции крепления резцов осуществлять по минимальным удельным затратам на крепление резцов, определяемым по формуле:

$$C_{у.кр.} = C_{э.кр.} / Q, \quad (4)$$

где  $C_{э.кр.}$  – затраты, связанные с изготовлением и эксплуатацией узла крепления резцов, руб.;  $Q$  – добыча за рассматриваемый период времени, т.

$$C_{э.кр.} = C_{кр.} + C_{от.кр.} + C_{з.и.}, \quad (5)$$

где  $C_{кр.}$  – стоимость узла «резец – крепление – резцедержатель»,  $C_{от.кр.}$  – суммарная стоимость отказавших креплений и утерянных (выпавших из резцедержателей) резцов за период испытаний соответственно;  $C_{з.и.}$  – стоимостные затраты, связанные с потерей добычи при замене резцов.

Анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований показали, что повышение надежности активных средств крепления может быть достигнуто за счет исключения износа гнезд резцедержателей либо за счет устранения действующих со стороны державки резца на крепление усилий  $P_z$ . Второй путь является наиболее предпочтительным, поскольку не требует изменений в конструкции креплений.

Условия, при которых до определенной наперед заданной величины предельно допустимого износа  $r_{ТПР}$  на крепление не действует сила  $P_z$  (крепление пассивно), следующие (рис. 4):

$$\delta_T > C, \text{ где } C = (l - l_1) \sin \chi_T; \quad (6)$$

$$\delta_B > h, \text{ где } \delta_B = 0,6(\Delta_T - \Delta_{T0}) = 0,61(\sin \chi_T - \sin \chi_{T0}). \quad (7)$$

Экспериментальные исследования, выполненные при разрушении шнеком углещементных блоков, подтвердили правильность сформулированных условий пассивности закрепления резцов. До значений  $\delta_T \leq 2,1$ , которым соответствуют величины зазора  $\Delta_T \leq 5,0$  мм, резание углещементных блоков не сопровождалось появлением усилий  $P_z$ , действующих со стороны державки резца на крепление. До указанных величин  $\delta_T$  и  $\Delta_T$  при таком закреплении резца возможно действие на крепление только усилий  $P_v$ , которое может быть вызвано давлением на него боковой стенки паза державки резца при выдавливании инструмента из резцедержателя потоком

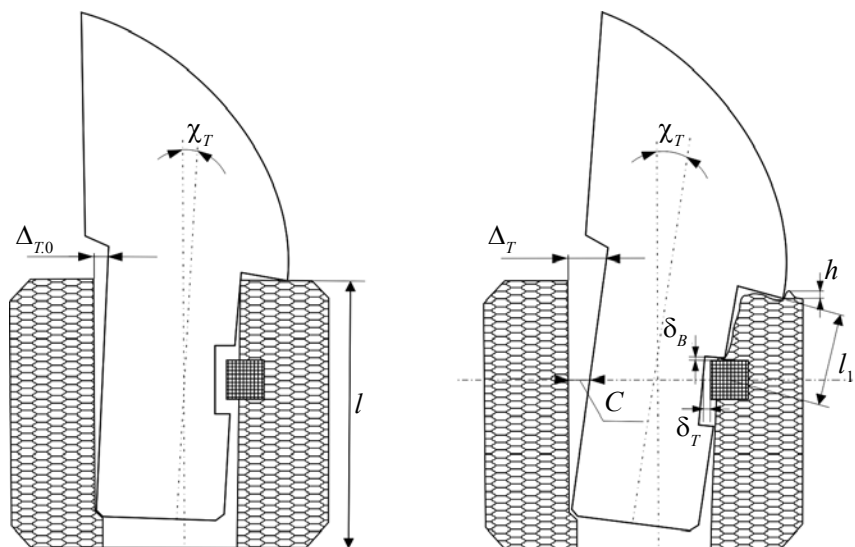


Рис. 4. Пассивное закрепление резца в новом и изношенном резцедержателях

разрушенной горной массы. Причем такие нагрузки возможны только в случае применения инструмента со скошенной головкой.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, из приведенных результатов исследований следует, что в процессе изнашивания гнезд резцедержателей происходит изменение кинематических углов резания, оказывающих негативное влияние на нагрузки, действующие на резцы и на средства их крепления в резцедержателях. Для увеличения срока службы резцедержателей и средств крепления в них резцов необходимо создание условий, при которых до определенной наперед заданной величины предельно допустимого износа  $r_{ТПР}$  на крепление не действует сила  $P_z$  (крепление пассивно). Эти обстоятельства необходимо учитывать в расчетах, связанных с определением нагруженности исполнительных органов при проектировании угледобывающих комбайнов, а также при создании прогрессивных средств крепления резцов в резцедержателях.

### Список литературы

1. Прокопенко С.А. Повышение ресурсоэффективности при изготовлении и использовании горно-режущего инструмента // Современные научные исследования и инновации. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/50499> (дата обращения: 15.10.2018).
2. Zich A., Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. Selecting Parameters of Cutter-Loader Drums for specific Operating Conditions // GeoResources Journal. 2015. N 2.
3. Линник Ю.Н., Линник В.Ю. Расчет параметров исполнительных органов очистных машин на основе электронного банка данных о характеристиках разрушаемости угольных пластов // Горное оборудование и электромеханика. 2011. № 2. С. 42-50.
4. Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В. Разрушение углей выемочными машинами. М.: Недра, 1984. 288 с.
5. Jingfeng He, Yake Yao, Chengguo Liu, Mingbing Tan. Operational Factor Optimization of Fine Lignite Cleaning Through a Dry Vibrated Fluidized Bed Separation //

International Journal of Coal Preparation and Utilization. 2018. Vol. 38. Pp. 207–219.

6. Strahler A., Stuedlein A., Arduino P. Stress-Strain Response and Dilatancy of Sandy Gravel in Triaxial Compression and Plane Strain // *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE)*. 2016. Vol. 142. N 4.

7. Hoek E., Carter T.G., Diederichs M.S. Quantification of the geological strength index chart. In: *Proceedings of the 47th US Rock Mechanics // Geomechanics Symposium*. 2013 June. Pp. 1–8.

8. The model for studying the meshing stiffness in spur gear transmissions / A. Fernander del Rincon, F. Viadero, M. Iglesias, P. Garcia, A. de-Juan, R. Sancibrian // *Mechanism and Machine Theory*. 2013. N 61. Pp. 30–58.

9. Ristivojevic M., Lazovic T., Vencel A. Studying the load carrying capacity of spur gear tooth flanks // *Mechanism and Machine Theory*. 2013. N 59. Pp. 125–137.

10. Афанасьев В.Я., Линник Ю.Н., Линник В.Ю. Уголь России: состояние и перспективы. М.: ИНФРА-М, 2014. 271 с.

11. Романович А.С. Определение оптимального соотношения износостойкостей державки и вставки энергоэффективного тангенциального резца // *Горное оборудование и электромеханика*. 2017. № 1. С. 24–29.

12. Применение методов механики разрушения для расчета нагрузок, действующих на резцы горных машин для добычи угля / А.Б. Жабин, И.М. Лавит, П.Н. Чеботарев, А.В. Поляков // *Горное оборудование и электромеханика*. 2017. № 3. С. 28–34.

## COAL MINING EQUIPMENT

UDC 622.232.72.054.54 © Yu.N. Linnik, V.Yu. Linnik, F.F. Garifullin, 2018  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 24-29

## Title

## LOADING AND DURABILITY OF CUTTER HOLDERS IN CASE OF WEAR OF COAL PRODUCTION COMBINE CUTTER SLOTS

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-24-29>

## Authors

Linnik Yu.N.<sup>1</sup>, Linnik V.Yu.<sup>1</sup>, Garifullin F.F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Educational Institution of Higher Education "State University of Management", Moscow, 109542, Russian Federation

## Authors' Information

**Linnik Yu.N.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor at the Department of "Economy and management in fuel and energy complex", tel.: +7 (916) 110-18-77, e-mail: ylinnik@rambler.ru

**Linnik V.Yu.**, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of "Economy and management in fuel and energy complex", tel.: +7 (910) 439-16-01, e-mail: d0c3n7@gmail.com

**Garifullin F.F.**, Postgraduate at the Department of "Economy and management in fuel and energy complex", tel.: +7 (910) 419-75-77, e-mail: fannurgarifullin@mail.ru

## Abstract

During operation of coal-mining combines a significant share of their conveyor worm failures occur due to wear of cutter holder slots resulting from the loss of working functions of the available cutter attachment means. The article describes the results of study of loading of cutters and means of their attachment in the coal-mining combine cutter holders, depending on the slot wear rate. It was found that in the process of slot wear and increasing of the clearances in the cutter-cutter holder connection the kinematic cutting angles change, which must be taken into account in the calculations for determining of the combine shearer force loadings. In the process of coal massif destruction, the existing cutter holders undergo cyclic loads, which significantly increase as the cutter holder slots wear out, which results in their premature failure and consequently in the cutter losses. According to the results of study, recommendations for creating passive cutter attachment hardware were given.

## Keywords

Cutter-loader, Operating member, Cutter, Cutter holder, Cutter attachment, Wear and tear, Cutter force, Operating member loading, Cutting working angle, Conveyor worm failure, Virgin coal.

## References

1. Prokopenko S.A. *Povysheniye resursoeffektivnosti pri izgotovlenii i ispol'zovanii gorno-rezhushchego instrumenta* [Improving resource efficiency in manufacture and use of the mining shearer]. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii – Modern Scientific Research and Innovation*. [Electronic resource]. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/50499> (accessed 15.10.2018).

2. Zich A., Linnik Yu.N. & Linnik V.Yu. Selecting Parameters of Cutter-Loader Drums for specific Operating Conditions. *GeoResources Journal*, 2015, No. 2.

3. Linnik Yu.N. & Linnik V.Yu. Raschet parametrov ispolnitel'nykh organov ochistnykh mashin na osnove elektronnoy banki dannykh o kharakteristikakh razrushayemosti ugol'nykh plastov [Calculation of cutter-loader operating member parameters based on electronic databank on coal seam breaking characteristics]. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika – Mining Equipment and Electromechanics*, 2011, No. 2, Pp. 42-50.

4. Pozin E.Z., Melamed V.Z. & Ton V.V. Razrusheniye ugley vyyemochnymi mashinami [Coal destruction by winning machines]. Moscow, *Nedra Publ.*, 1984, 288 p.

5. Jingfeng He, Yake Yao, Chengguo Liu & Mingbing Tan. Operational Factor Optimization of Fine Lignite Cleaning Through a Dry Vibrated Fluidized Bed Separation. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 2018, Vol. 38, Pp. 207-219.

6. Strahler A., Stuedlein A. & Arduino P. Stress-Strain Response and Dilatancy of Sandy Gravel in Triaxial Compression and Plane Strain. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE)*, 2016, Vol. 142, No. 4.

7. Hoek E., Carter T.G. & Diederichs M.S. Quantification of the geological strength index chart. In: *Proceedings of the 47th US Rock Mechanics. Geomechanics Symposium*, 2013 June, Pp. 1-8.

8. Rincon A.F., Viadero F., Iglesias M., Garcia P., Juan A. & Sancibrian R. The model for studying the meshing stiffness in spur gear transmissions. *Mechanism and Machine Theory*, 2013, No. 61, Pp. 30–58.

9. Ristivojevic M., Lazovic T. & Vencel A. Studying the load carrying capacity of spur gear tooth flanks. *Mechanism and Machine Theory*, 2013, No. 59, Pp. 125–137.

10. Afanasiev V.Ya., Linnik Yu.N. & Linnik V.Yu. Ugol' Rossii: sostoyaniye i perspektivy [Coal of Russia: state and prospects]. Moscow, INFRA-M Publ., 2014, 271 p.

11. Romanovich A.S. Opredeleniye optimal'nogo sootnosheniya iznosostoykostey derzhavki i vstavki energoeffektivnogo tangentsial'nogo reztsa [Determination of the optimal ratio of wear resistance of the holder and insert of the energy efficient tangential cutter]. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika – Mining Equipment and Electromechanics*, 2017, No. 1, Pp. 24-29.

12. Zhabin A.B., Lavit I.M., Chebotarev P.N. & Polyakov A.V. Primeneniye metodov mekhaniki razrusheniya dlya rascheta nagruzok, deystvuyushchikh na reztsy gornyykh mashin dlya dobychi uglya [Application of fracture mechanics methods in calculation of the loads having effect on coal mining machine cutters]. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika – Mining Equipment and Electromechanics*, 2017, No. 3, Pp. 28-34.

## Апсатский угольный разрез осваивает новую технику

*Горняки Апсатского разреза, входящего в состав СУЭК, в начале октября 2018 г. торжественно ввели в эксплуатацию буровой станок DML Atlas Сорсо и карьерный самосвал БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 т.*

На забайкальских предприятиях СУЭК продолжается масштабная инвестиционная программа. DML Atlas Сорсо – высокопроизводительный станок вращательного бурения. Глубина скважин нового станка составляет до 62,5 м при диаметре 150-270 мм. Еще одним БелАЗом пополнился парк карьерных автосамосвалов Апсатского разреза. Отличительной особенностью новой техники является специальное цветографическое решение – кабины и платформы самосвала раскрашены в цвета государственного флага Российской Федерации.

*«Эти машины – не последнее поступление на Апсатский разрез в рамках инвестиционной программы СУЭК. Все это перевооружение, уверен, ощутимо скажется на качестве работ и в целом на производительности разреза. К примеру, ввод нового БелАЗа-75131 позволит увеличить объем вскрышных работ на Апсатском разрезе приблизительно на 1 млн куб. м в год. Суммарная производительность парка карьерных автосамосвалов на вскрыше будет увеличена на 15%»,* - говорит заместитель генерального директора Апсатского разреза **Олег Лиходумов**.

Отметим, Апсатский разрез был построен Сибирской угольной энергетической компанией в самом северном районе Забайкальского края – Каларском – шесть лет назад. Апсатские горняки разрабатывают второе по величине в России месторождение ценных коксующихся углей. «Черное золото» добывается открытым способом в горах. Развитию предприятия СУЭК уделяет повышенное внимание. На месторождении задействована техника мирового уровня. Это позволяет не только наращивать темпы работы, но и делать ее комфортной и безопасной.

### Наша справка.

АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) – одна из ведущих угледобывающих компаний мира, крупнейший в России производитель угля, крупнейший поставщик угля на внутренний рынок и на экспорт, один из ведущих производителей тепла и электроэнергии в Сибири. Добывающие, перерабатывающие, энергетические, транспортные и сервисные предприятия СУЭК расположены в 11 регионах России. На предприятиях СУЭК работают более 66 000 человек. Основной акционер – Андрей Мельниченко.





# ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ



## ПРЕИМУЩЕСТВА СМАЗОК ЛУКОЙЛ СЕРИИ FLEX:

УНИФИКАЦИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
РАБОТА В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ, В Т.Ч. В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА  
НАДЕЖНОЕ СМАЗЫВАНИЕ, СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ СТРОГИМ ТРЕБОВАНИЯМ OEM

## ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СИСТЕМА СМАЗЫВАНИЯ

ЛУКОЙЛ  
ПОЛИФЛЕКС

EP 2-160 HD	ЛЕТО
EP 1-160 HD	ВЕСНА, ОСЕНЬ
АРКТИК 0-35 HD	ЗИМА

## ОТКРЫТЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ:

ПРИВОД ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА, НАПОРНАЯ БАЛКА

ЛУКОЙЛ  
КАРБОФЛЕКС

OG 0-4000 HD	ЛЕТО
OG 00-2000 HD	ВЕСНА, ОСЕНЬ
OG 000-1500 HD	ЗИМА
АРКТИК OG 900 HD	до -55°C



## ПОДШИПНИК ЭЛЕКТРОМОТОРА РМК

ЛУКОЙЛ **СИНТОФЛЕКС** 2-100

## ПОДШИПНИК СТУПИЦЫ ПЕРЕДНЕГО КОЛЕСА

ЛУКОЙЛ **СИНТОФЛЕКС** 2-100  
**ТЕРМОФЛЕКС** EP 2-180

Техническая поддержка по подбору пластичных смазок:

Тел.: **+7 (495) 981-79-43**, e-mail: **Grease.Support@lukoil.com**

Контактная информация: **+7 (8442) 55-60-90**, e-mail: **Info.Intesmo@lukoil.com**

www.lukoil-masla.ru



# Исследование и расчет дискового фрезерного рабочего органа

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-32-34>

## АЛИЕВ Самат Бикитаевич

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

## СУЛЕЕВ Бахтияр Даниярович

Докторант кафедры «Транспортная техника  
и логистические системы» Карагандинского  
государственного технического университета,  
100024, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: culeev\_bahtiyar@mail.ru

В настоящее время организация земляных работ в строительстве и горном деле, а также проектирование и эксплуатация машин для разработки грунта являются актуальной задачей и требуют тщательного и всестороннего исследования. Целью статьи является установление зависимостей, необходимых для разработки методики расчета дисковых фрезерных рабочих органов. В статье рассмотрены работы зарубежных исследователей в области проектирования новых конструкций, определения сил, а также других параметров, действующих на дисковые фрезы в процессе их работы. Авторами рассмотрена кинематика движения дискофрезерного рабочего органа, определены угловая скорость вращения дискового рабочего органа, длина дуги фрезерования, перемещение рабочего органа по оси  $x$ , скорость вращения и время одного оборота дискового рабочего органа. Рассмотрены силы, действующие на резец, исследована математическая модель нагружения фрезерного рабочего органа при установившемся и неустановившемся режимах работы. Определены коэффициенты динамичности и параметры режима работы машины.

**Ключевые слова:** грунт, вскрыша, конструкция, дисковая фреза, резание грунта, нагружение, резец, коэффициент динамичности.

## ВВЕДЕНИЕ

Разработка мерзлых и прочных грунтов осуществляется в следующих отраслях производства, эксплуатации и строительства: открытая разработка месторождений полезных ископаемых (карьеры); городское коммунальное хозяйство; строительство зданий и сооружений, а также щелевых фундаментов. Одним из основных рабочих органов, применяемых в названных работах, является дисковая фреза. Рассмотрим исследования авторов в области создания и эксплуатации дисковых рабочих органов.

## ДИСКОВЫЙ ФРЕЗЕРНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН

В статье [1] представлены исследования взаимодействия грунтов и машин в лабораторных условиях, исторические предпосылки, концепции прошлых и настоящих исследований, будущих направлений. Рассмотрены следующие параметры: сила, необходимая для подъема и подачи инструмента в забой, вертикальные и боковые силы на инструментах. Авторами [2] предлагается новая модель для прогнозирования нормальных и движущих сил, действующих на дисковые фрезы, разработанные компанией Bilgin, путем модификации эмпирической модели. Для дисковых фрез параметрами предлагаемой модели являются диаметр диска, радиус кромки резания. Группой авторов [3] разработана конструкция машины, позволяющая разрабатывать траншею глубиной до 1 м и шириной до 30 см, определены базовые значения мощности привода и количества оборотов рабочего органа. Целью исследования автора [4] было изучение влияния режима резания, глубины резания и скорости подачи на уровень потребляемой мощности при резке гранита с помощью дисковых пил. Исследования в данной области техники нашли отражение в работах авторов [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Учеными кафедры «Строительные и дорожные машины» Карагандинского государственного технического университета была разработана машина с дисковым фрезерным рабочим органом [11], позволяющая разрабатывать траншею для фундамента глубиной до двух метров и вскрышу в мерзлых и прочных грунтах. Общий вид машины и рабочего органа представлен на рис. 1.

Дисковый фрезерный рабочий орган (ДФРО) выполняет сложное движение, состоящее из двух простых: по оси  $x$  (перемещение рабочего органа осуществляется движением базового тягача), и вокруг точки  $O$  (вращение рабочего органа осуществляется за счет применяемого в конструкции машины цевочного зацепления). Применение цевочного зацепления в конструкции ДФРО предоставляет возможность передачи большего крутящего момента и усилия на рабочий орган, а также фрезерования по всей его длине, учитывая, что диаметр рабочего органа равен 2,8 м. Такое решение позволяет использовать разработанный рабочий орган взамен роторных. Кинематика движения рабочего органа представлена на рис. 2.

В установившемся режиме работы фрезы усилие подачи  $Q$  будет равно сопротивлению перемещения по оси  $y$ . Рассмотрено нагружение при установившемся режиме движения. Сопротивление резанию  $P$  определяется через параметр «удельное сопротивление грунта резанию»  $B$  [11]. При вращении фрезы сопротивление пере-

мещению ДФРО  $T$  и сила  $Q$  (усилие подачи) прямо пропорциональны площади вдавливания фрезы  $S$ , числу резцов и удельному сопротивлению вдавливания. Объединив показатели в одну систему уравнений, получим следующее выражение:

$$\begin{cases} P = B \cdot h \cdot i; \\ T = P_2 = P \cdot h \cdot \cos \varphi \cdot i; \\ Q = S \cdot i \cdot \sigma_{\text{вд}}. \end{cases}$$

При работе ДФРО возможны периоды неустановившегося режима движения. Это может происходить при внезапном ослаблении или упрочнении грунта, в случае если величина удельной силы  $B$  примет следующие условия:

$$B_1 < B < B_2$$

где:  $B_1$  и  $B_2$  – соответственно меньшее и большее удельное сопротивление грунта.

В случае неустановившегося движения:

$$\begin{cases} mX'' = T + P \cdot \sin \varphi; \\ JE_H'' = M - PR; \\ my_H'' = P \cdot \cos \varphi - mg \pm Q, \end{cases} \quad (1)$$

где:  $J$  – момент инерции.

В третьем уравнении системы (1) вертикальное усилие  $Q$  имеет знаки ( $\pm$ ), так как оно реагирует на движение вертикальной силы в обратном направлении. Индекс  $H$  обозначает неустановившийся режим, а  $H_0$  – неустановившийся режим по оси  $y$ . Интегрируя уравнения системы 1, получим систему уравнений 2:

$$\begin{cases} X' = V_H = \frac{Tt}{m} + \frac{P \sin \varphi t}{m} + C_1; \\ X_H = \frac{Tt^2}{m} + \frac{Pt^2 \sin \varphi}{m} + C_1 t + C_2; \\ y' = \omega_H = \frac{Mt}{J} + \frac{PRt}{J} + l_a; \\ y_H' = V_{ny} = \frac{P \cos \varphi t}{m} - gt \mp \frac{Qt}{m} + K_1; \\ y_{ny} = \frac{P \cos \varphi t^2}{m} - gt^2 \mp \frac{Qt^2}{m} + K_1 t + K_2, \end{cases} \quad (2)$$

где:  $C_1, C_2, l_a, K_1, K_2$  – произвольные постоянные. При  $t = 0$ :  $X = X_0, \omega_H = \omega; V_H = V, V_{ny} = 0; X_{ny} = H$ .

Приравнявая величину  $P$  по всем уравнениям, получим следующее выражение:

$$P = \frac{(V_H - V)m}{t \sin \varphi} - T = \left( \frac{\omega_H - \omega - M}{Rt} \right) J = \frac{V_{ny} m}{t \cos \varphi} \mp \frac{Qm}{t \cos \varphi}. \quad (3)$$



Рис. 1. Общий вид машины и рабочего органа

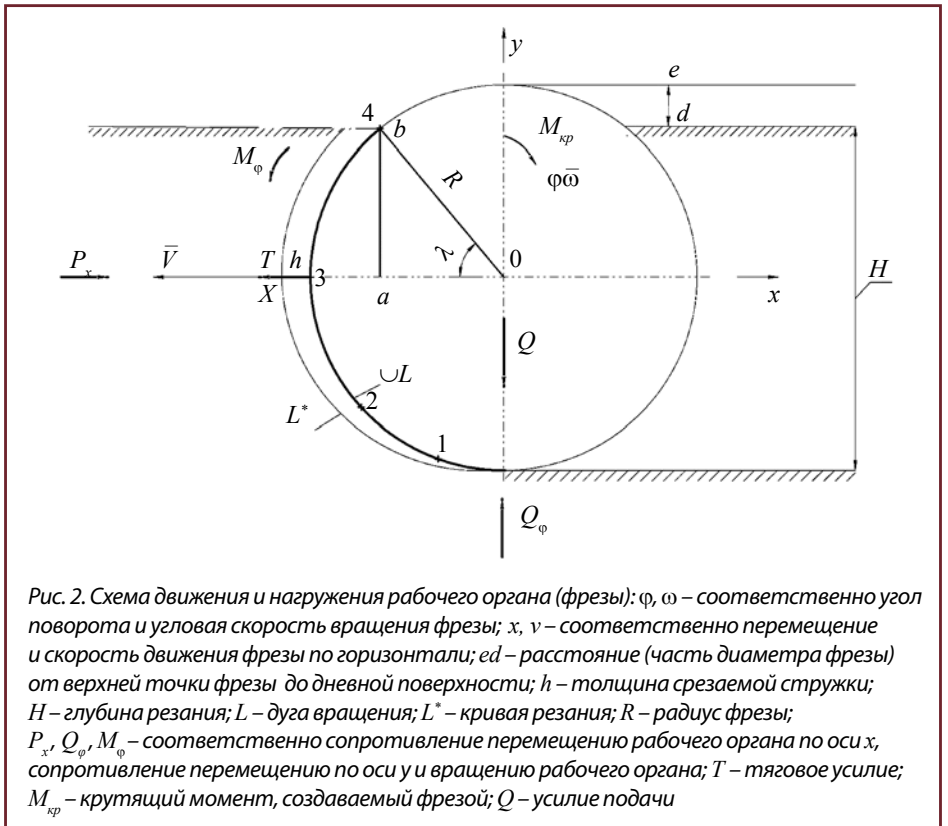


Рис. 2. Схема движения и нагружения рабочего органа (фрезы):  $\varphi, \omega$  – соответственно угол поворота и угловая скорость вращения фрезы;  $x, v$  – соответственно перемещение и скорость движения фрезы по горизонтали;  $ed$  – расстояние (часть диаметра фрезы) от верхней точки фрезы до дневной поверхности;  $h$  – толщина срезаемой стружки;  $H$  – глубина резания;  $L$  – дуга вращения;  $L^*$  – кривая резания;  $R$  – радиус фрезы;  $P_x, Q_\varphi, M_\varphi$  – соответственно сопротивление перемещению рабочего органа по оси  $x$ , сопротивление перемещению по оси  $y$  и вращению рабочего органа;  $T$  – тяговое усилие;  $M_{kp}$  – крутящий момент, создаваемый фрезой;  $Q$  – усилие подачи

Это уравнение является уравнением соответствия, и только его выполнение делает систему 2 системой. По физическому смыслу уравнение 3 является уравнением неразрывной среды. При разработке методики расчета режима работы рабочего органа необходимо выполнение условия, описанного уравнением 3. Из анализа уравнения 3 определены коэффициенты динамичности:

$$\begin{cases} K_{ax} = \frac{T_H + B_H h b \sin \varphi}{T + B h b}; \\ K_{\omega\omega} = \frac{M_H + B_H h b}{M - B h b}; \\ K_{\omega y} = \frac{mg + B_H b h \cos \varphi - Q}{mg + B_H b h \cos \varphi}. \end{cases}$$

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Полученные уравнения, описывающие зависимости, являются базой для разработки методики расчета рабочего органа. Методика расчета учитывает значения тягового усилия, скорости движения базового трактора, угловой скорости вращения и усилия вдавливания ДФРО в грунт.

## Список литературы

1. Overview of soil-machine interaction studies in soil bins / A.A. Ozoemena, B.B. Uzoejinwaa, A.O. Ezeamaa, A.P. Onwualub, S.N. Ugwuа, C.J. Ohagwuа // *Soil and Tillage Research*. January 2018. Vol. 175. Pp. 13-27.
2. Deniz Tumaç, Cemal Balci. Investigations into the cutting characteristics of CCS type disc cutters and the comparison between experimental, theoretical and empirical force estimations // *Tunneling and Underground Space Technology*. January 2015. Vol. 45. Pp. 84-98.
3. Delesa Kajela, Hirpa G. Lemu. Design and modelling of a light duty trencher for local conditions // *Advances in Science and Technology Research Journal*. March 2018. Vol. 12. Pp. 303-311. doi: 10.12913/22998624/85661.
4. Murat Yurdakul. Effect of cutting parameters on consumed power in industrial granite cutting processes performed with the multi-disc block cutter // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. June 2015. Vol. 76. Pp. 104-111.
5. Yevhen Kovalyshen. Analytical model of oscillatory disc cutting // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. July 2015. Vol. 77. Pp. 378-383.
6. Il'ja Tshipurskij. Method to Increase the Coupling Force in a Construction Machine / MATEC Web of Conferences

117, 00172 (2017), XXVI R-S-P Seminar 2017, Theoretical Foundation of Civil Engineering. doi: 10.1051/mateconf/201711700172.

7. Leila Hashemiana, Mohammad Rezaeib, Alireza Bayat. Field and laboratory investigations on pavement backfilling material for micro-trenching in cold regions // *International Journal of Pavement Research and Technology*. July 2017. Vol. 10. Pp. 333-342.

8. Kravets S., Vasilchuk A., Romanovskiy A. Pipe layer with disc backfilling / international conference Technical sciences: modern issues and development prospects scope academic house B&M publishing, 2013. Pp.123-126.

9. Курилов Е.В., Фурманов Д.В. Разработка дорожного асфальтобетона дисковым свободновращающимся инструментом // *Механизация строительства*. 2014. № 8. С. 4-7.

10. Кадыров А.С., Курмашева Б.К. Математическая модель движения фрезерного рабочего органа для проходки траншей / Международная научно-практическая конференция «Наука и ее роль в современном мире», Караганда, Болашак-Баспа, 29 января 2010. С. 169-171/

11. Кадыров А.С. Проектирование бурильных и фрезерных машин. Караганда: РИО «Болашак Баспа», 2011. 220 с.

UDC 621.879.48:621.914.2 © S.B. Aliev, B.D. Suleev, 2018

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 32-34

## Title

## STUDY AND CALCULATION OF THE DISK-MILLING TOOL

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-32-34>

## Authors

Aliev S.B.<sup>1</sup>, Suleev B.D.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Karaganda State Technical University, Karaganda, 100024, Republic of Kazakhstan

## Authors' Information

**Aliev S.B.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior Researcher, tel.: +7 (495) 360-89-60, e-mail: alsamat@gmail.com

**Suleev B.D.**, Doctoral Candidate of the "Transport technology and logistic systems" department, tel.: 8 (708) 343-33-66, e-mail: culeev\_bahtiyar@mail.ru

## Abstract

At present, the organization of earthworks in construction and mining, as well as the design and operation of machines for soil development is an urgent task, and requires a thorough and comprehensive study. The purpose of the paper is to establish the dependencies necessary for the development of a method for calculating disk-milling tools. The paper examines the work of foreign researchers in the field of designing new structures, determining forces, as well as other parameters acting on disk mills in the process of its operation. The authors consider the kinematics of the movement of the disk-milling tool, the angular velocity of rotation of the disk working body, the length of the milling arc, the displacement of the working member along the x axis, the rotation speed and the time of one revolution of the disc working body are determined. The forces acting on the cutter considered, the mathematical model of loading of the milling tool is investigated under steady and unsteady operating modes. The coefficients of dynamism and the parameters of the operating mode of the machine are determined.

## Keywords

Soil, Overburden, Design, Disk-milling, Ground cutting, Loading, Cutter, Coefficient of dynamism.

## References

1. Ozoemena A.A., Uzoejinwaa B.B., Ezeamaa A.O., Onwualub A.P., Ugwuа S.N. & Ohagwuа C.J. Overview of soil-machine interaction studies in soil bins. *Soil and Tillage Research*, January 2018, Vol. 175, Pp. 13-27.
2. Deniz Tumaç & Cemal Balci. Investigations into the cutting characteristics of CCS type disc cutters and the comparison between experimental, theoretical

and empirical force estimations. *Tunneling and Underground Space Technology*, January 2015, Vol. 45, Pp. 84-98.

3. Delesa Kajela & Hirpa G. Lemu. Design and modelling of a light duty trencher for local conditions. *Advances in Science and Technology Research Journal*, March 2018, Vol. 12, Pp. 303-311. doi: 10.12913/22998624/85661.

4. Murat Yurdakul. Effect of cutting parameters on consumed power in industrial granite cutting processes performed with the multi-disc block cutter. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, June 2015, Vol. 76, Pp. 104-111.

5. Yevhen Kovalyshen. Analytical model of oscillatory disc cutting. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, July 2015, Vol. 77, Pp. 378-383.

6. Il'ja Tshipurskij. Method to Increase the Coupling Force in a Construction Machine / MATEC Web of Conferences 117, 00172 (2017), XXVI R-S-P Seminar 2017, Theoretical Foundation of Civil Engineering. doi: 10.1051/mateconf/201711700172.

7. Leila Hashemiana, Mohammad Rezaeib & Alireza Bayat. Field and laboratory investigations on pavement backfilling material for micro-trenching in cold regions. *International Journal of Pavement Research and Technology*, July 2017, Vol. 10, Pp. 333-342.

8. Kravets S., Vasilchuk A. & Romanovskiy A. Pipe layer with disc backfilling. International conference Technical sciences: modern issues and development prospects scope academic house B&M publishing, 2013, Pp. 123-126.

9. Kurilov E.V. & Furmanov D.V. Razrabotka dorozhnogo asfal'tobetona diskovym svobodnovrashchayushchimsya instrumentom [Development of road asphalt concrete using disc free-rotating tool]. *Mekhanizatsiya stroitel'stva – Mechanization of Construction*, 2014, No. 8, Pp. 4-7.

10. Kadyrov A.S. & Kurmasheva B.K. *Matematicheskaya model' dvizheniya fрезерного рабочего органа dlya prokhodki transhey* [Mathematical model of trenching milling end-effector movement]. International scientific and practical conference "Science and its role in the modern World". Karaganda, RIO "Bolashak Baspa" Publ., January 29, 2010, Pp. 169-171.

11. Kadyrov A.S. *Proyektirovaniye buril'nykh i fрезерных машин* [Design of drilling and milling machines]. Karaganda, RIO "Bolashak Baspa" Publ., 2011, 220 p.

## COAL MINING EQUIPMENT



РЕКЛАМА

## Conveying Excellence

Совершенство сервисного обслуживания.

### Оцифровка наших услуг

#### Мониторинг

Высокоэффективные системы мониторинга ленты

- › Увеличивает срок службы ленты
- › Повышает работоспособность и надежность системы
- › Предотвращает дорогостоящий ущерб
- › Предотвращает (вынужденные) простои

### Conti+ Интеллектуальный способ организации Ваших конвейеров



Ускоряет запись информации



Простая организация данных конвейера и удобная форма отчёта о них



Определение срока службы ленты и даты её замены



Доступность в любое время, в любом месте



# Формирование аэрогазовой ситуации в протяженных конвейерных выработках угольных шахт

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-36-40>

## ШЕВЧЕНКО Леонид Андреевич

Доктор техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой аэрологии,  
охраны труда и природы  
Кузбасского государственного технического  
университета им. Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
тел.: +7 (3842) 39-63-70, 68-13-04,  
e-mail: aotp2012@yandex.ru

Приводятся результаты исследований влияния технологического процесса при высокоскоростной механизированной отбойке угля в очистном забое большой длины на интенсивность газовыделения из отбитого угля с учетом времени его нахождения в пределах выемочного участка и режима работы комбайна. Получены зависимости накопления угольной массы на конвейерных выработках от положения комбайна в очистном забое и скорости его движения вдоль лавы как при непрерывной работе, так и при наличии технологических пауз. Учитывая большую длину конвейерных выработок по сравнению с длиной очистного забоя, их взаимодействие является довольно сложным, что создает непрогнозируемые аэрогазовые ситуации по траектории транспортирования угля в пределах выемочного участка. Полученные характеристики нагрузок на ленточный конвейер, установленный в конвейерном штреке, позволяют определять периоды времени в пределах технологического цикла работы комбайна, когда формируется максимальное выделение метана из отбитого угля. Предложены методы ограничений газовыделения путем гибкого управления технологическим процессом отбойки угля в лаве.

**Ключевые слова:** очистной забой, конвейерный штрек, отбитый уголь, комбайн, технологическая пауза, выемочный цикл.

## ВВЕДЕНИЕ

Долгосрочная стратегия развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации прогнозирует в качестве основного энергоресурса каменный уголь как обладающий несравненно большими запасами по отношению к нефти и газу. Наша страна занимает первое место в мире по запасам каменного угля, где особое место принадлежит Кузнецкому угольному бассейну – уникальному месторождению ценнейших марок углей с благоприятными физико-химическими характеристиками, что делает их конкурентоспособными на мировом рынке. Добыча угля в Кузбассе неизменно растет и составила в 2017 г. 240,1 млн т. Однако дальнейший рост добычи угля и даже ее поддержание на достигнутом уровне будут невозможными без разработки концепции комплексной безопасности подземной угледобычи, на долю которой приходится до 40% добываемого Кузнецкого угля.

## АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ШАХТ

Как известно, основной проблемой безопасности в угольных шахтах являются рудничная атмосфера и ее взаимосвязь с технологией производства работ при возрастающих нагрузках на очистной забой. Учитывая большое разнообразие физико-химических свойств полезных ископаемых, влияющих на выделение различных примесей в атмосферу горных выработок, можно прогнозировать качественные и количественные показатели состава шахтного воздуха как с точки зрения его воздействия на человека, так и с точки зрения безопасности [1, 2, 3].

В угольных шахтах Кузбасса основным объектом внимания является метан, выделяющийся из угольных пластов в виде десорбции при их разрушении исполнительными органами комбайнов, что обеспечивает быструю газоотдачу из отбитой угольной массы за время нахождения в атмосфере очистного забоя и других выработок выемочного участка. Современные технологии подземной угледобычи предусматривают использование высокопроизводительных механизированных комплексов, способных обеспечить суточную добычу до 40 тыс. т. Это сопровождается отторжением от массива значительной угольной массы, составляющей за один проход комбайна на пласте мощностью 3 м до 900 т, а за полный цикл – соответственно 1800 т. Интенсивность газовыделения из такого объема

угля зависит от газоносности пласта в призабойной зоне и его фракционального состава, выходящего из-под шнека комбайна. В зависимости от размеров кусков отбитого угля, поступающего на лавный конвейер, он может, находясь в пределах участка, терять до 80% содержащегося в нем метана, оставшаяся часть которого выделяется уже на главных выработках [4]. С учетом современных принципов проектирования подготовки угольных пластов и типовых размеров лав и выемочных столбов одновременно на конвейерной линии в пределах участка может находиться 350-400 т угля, время отторжения которого от массива колеблется от нескольких секунд до 20-25 мин.

Непосредственно в очистном забое, когда конвейер полностью загружен углем, его масса может составлять периодически до 80-100 т, после чего снижается до нуля. Исходя из этого, за одну восьмичасовую смену при условии выполнения 6-7 циклов, добыча может составить 12-14 тыс. т, а за сутки – более 30 тыс. т. Однако практически такого уровня суточной добычи ни одна шахта Кузбасса не достигала по разным причинам, среди которых главной является газовый фактор. При этом необходимо понимать, что с увеличением глубины горных работ его лимитирующее влияние будет только усиливаться вплоть до полной экономической нецелесообразности подземной угледобычи. Данное обстоятельство требует изыскания новых подходов к решению проблемы аэрологической безопасности шахт и разработки комплекса мер как профилактического, так и технологического характера. Среди них наиболее доступными можно считать меры технологического регулирования интенсивности газовыделения на участке из разрабатываемого угольного пласта, в частности, из обнажаемой поверхности очистного забоя, выработанного пространства и отбитого угля. При современных нагрузках на пласт основным источником газа является, как отмечалось выше, отбитый уголь, что требует направления основных усилий на ограничение поступления метана из этого источника [5].

Особенности технологии механизированной отработки угольных пластов создают неравномерный характер поступления горной массы в пространство очистного забоя с резкими перепадами от максимума до нуля в пределах 20-25 мин. Соответственно формируется дебит метана, напрямую зависящий от объема отбитого угля с той же неравномерностью в пределах технологического цикла. Скачкообразный характер содержания метана в атмосфере очистного забоя затрудняет процесс контроля аэрогазовой ситуации как в автоматическом, так и в ручном режиме. Часто повторяющиеся срабатывания приборов автоматического газового контроля по отключению питания забойных механизмов провоцируют горнорабочих на сознательное снижение порога чувствительности аппаратуры, что может повлечь аварийную ситуацию. Между тем повторное включение требует достаточно много времени на согласование и может занимать до 20-30 мин [6].

Совершенно очевидно, что важнейшим фактором, влияющим на улучшение аэрогазовой обстановки в очистном забое, является газоносность пласта в призабойной зоне, снижение которой достигается путем качественно проведенной дегазации угольного пласта. Поскольку на

практике заданные в нормативных документах значения остаточной газоносности пластов достигаются не всегда, возникает вынужденная необходимость искусственного ограничения производительности комбайна по так называемому «газовому фактору», что экономически нецелесообразно [7].

В практике работы очистных бригад угольных шахт при приближении концентрации метана на исходящей струе лавы к 1% производится остановка комбайна на несколько минут, пока уголь спускается с конвейера на перегружатель и восстанавливается нормальный режим проветривания. Данный прием в некоторой степени решает проблему и не требует много времени, так как с учетом скорости движения лавного конвейера его освобождение от угля происходит максимум за три минуты, тем более что за один проход комбайна требуется, как правило, не более двух-трех таких остановок в зависимости от длины лавы [8].

Рассматривая аэрогазовую ситуацию в целом на выемочном участке, целесообразно рассматривать два его основных объекта – очистной забой и конвейерный штрек. Каждый из них имеет свою специфику формирования газопитока в атмосферу из отбитого угля во времени и пространстве и требует отдельных подходов к управлению вентиляционным режимом, при этом аэрогазовые ситуации на данных объектах тесно взаимосвязаны. Все колебания массы отбитого угля на лавном конвейере, а следовательно, и дебит метана впоследствии с некоторым запаздыванием повторяются на конвейерном штреке и на последующих участках транспортной сети [9].

На рисунке представлена динамика загрузки ленточного конвейера, установленного на конвейерном штреке за один технологический выемочный цикл работы комбайна в лаве № 24-55 на пласте «Болдыревский» шахты им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс».

С учетом разницы в скоростях движения лавного конвейера и ленточного на конвейерном штреке, которые

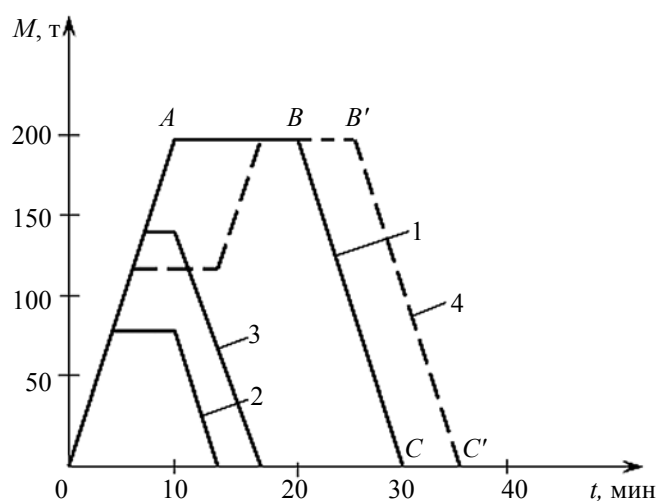


Схема нагружения отбитого угля на ленточный конвейер транспортной выработки: 1 – при полной загрузке; 2, 3 – при неполной загрузке; 4 – при технологической паузе работы комбайна в лаве

составляют соответственно 1,3 и 3,15 м/с, можно выделить три основных периода изменения нагрузки на ленточный конвейер. Первый период включает заполнение ленты углем с началом работы комбайна на всю длину, что составит 10,6 мин (участок *OA*). Далее конвейер работает с полной нагрузкой, перемещая на ленте ориентировочно 220-240 т угля в течение времени, которое зависит от длины лавы и скорости движения комбайна, что при отсутствии остановок может составить 15-20 мин (участок *AB*). Точка *B* соответствует моменту полного освобождения лавного конвейера от угля, когда его поступление на ленту прекращается и начинается скачивание остаточной угольной массы на конвейерный уклон (участок *BC*). При обратном ходе комбайна в лаве характер загрузки ленточного конвейера полностью повторяется. При остановках комбайна в очистном забое во время технологических пауз будет происходить сдвигание точки *B* в положение *B*<sup>1</sup>, и так далее в зависимости от продолжительности каждой паузы. Можно с достаточной степенью уверенности предполагать, что подобные зависимости будут повторяться и на других выемочных участках с аналогичными параметрами обработки угольного пласта [10].

На практике, остановки в работе транспортной линии выемочного участка могут происходить не только в рамках регулирования аэрогазовой ситуации, но и по другим причинам. Все это будет вносить свои коррективы в график нагрузки ленточного конвейера в конвейерном штреке, однако в любом случае уменьшение массы угля на ленте способствует снижению газовыделения в атмосферу выработок.

Описанная выше динамика загрузки отбитой горной массы конвейеров в очистном забое и в конвейерном штреке создает условия для нестационарных газодинамических процессов в этих выработках, периодически повторяющихся с каждым новым технологическим циклом. Это, в свою очередь, затрудняет организацию устойчивого режима проветривания и повышает вероятность возникновения инцидентов аэрологического характера, так как количество подаваемого на участок воздуха определяется расчетом и не может синхронно следовать колебаниям газообильности выработок. В этом плане вентиляция выемочного участка представляет собой сложную трудноуправляемую аэродинамическую систему взаимно влияющих друг на друга параметров, из которых важнейшими являются абсолютное газовыделение и количество подаваемого воздуха. Каждый из этих параметров имеет случайный характер изменения во времени, что порождает также случайный характер изменения концентрации метана, являющийся результатом их взаимодействия [11].

Современные системы автоматического газового контроля в угольных шахтах позволяют отслеживать уровень концентрации метана в режиме онлайн и оперативно реагировать на критические ситуации. В рассмотренных выше случаях такими ситуациями на выемочном участке можно считать периоды максимальной нагрузки на конвейеры как в очистном забое, так и на конвейерном штреке, когда существует высокая вероятность превышения концентрации метана выше 1% и загазирования выработок. В практическом плане контроль предельного содер-

жания метана мог бы считаться достаточным при условии его поддержания по всему объему очистного забоя. Однако пространственное распределение концентрации метана, особенно при работающем комбайне по отбойке угля, является неравномерным и может превышать допустимые 2% в местных скоплениях, имеющих место в зоне работы комбайнов и буровых станков. К наиболее вероятным местам формирования повышенных концентраций метана относятся также подкровельные пространства в лавах и тупиковых горных выработках, где могут возникать слоевые скопления, не проветриваемые вентиляционной струей [12].

Следует также учитывать длину выработок, по которым транспортируется отбитый уголь, и взаимное направление движения грузовой ветви ленточного конвейера и воздушного потока. Поскольку при существующих схемах вентиляции выемочных участков шахт эти потоки, как правило, являются встречными, то рост концентрации метана в конвейерном штреке происходит в направлении от уклона до сопряжения с очистным забоем пропорционально массе угля на конвейере. Это обстоятельство требует применения отдельного проветривания лавы и конвейерного штрека, что обеспечивается либо нисходящим проветриванием очистного забоя, либо подачей свежей струи в лаву по штреку, параллельному конвейерному.

Аналогичный метод управления аэрогазовой ситуацией может быть применен и в тупиковых выработках при их механизированной проходке, однако в этом случае газовыделение из отбитого угля значительно ниже, чем в очистных забоях, так как проходческие комбайны имеют короткий цикл работы, определяемый шагом крепления выработок, с одной стороны, и большими перерывами между циклами, с другой.

В целом по поводу обеспечения комплексной безопасности шахтной атмосферы хотелось бы высказать суждение о принципах функционирования системы автоматического газового контроля в угольных шахтах. Как отмечалось выше, автоматическое отключение электроэнергии на участке происходит при достижении концентрации метана 1%, после чего требуется относительно длительный период нормализации проветривания и дополнительных процедур, необходимых для повторного включения. В этом плане представляется целесообразным изменить режим работы системы АГК и установить подачу звукового сигнала до того, как концентрация метана достигнет 1%, без отключения электроэнергии на участке. В этом случае производится остановка комбайна на 3-5 мин и спуска угля с лавного конвейера, что достаточно для восстановления проветривания и снижения концентрации метана до 0,2-0,3%. Это позволило бы осуществлять более гибкое регулирование уровня абсолютной газообильности участка без длительных остановок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение необходимо отметить, что в целом главной предпосылкой безопасности подземной угледобычи, безусловно, является качественно проведенная дегазация угольного пласта до начала его разработки, применяемая во всех передовых угледобывающих странах, ко-



торая снимает все ограничения производительности горных машин по газовому фактору, но требует определенных затрат, многократно окупающихся за счет безаварийной работы. На шахтах Кузбасса, разрабатывающих угольные пласты с природной газоносностью более 13 м<sup>3</sup>/т, дегазация применяется в соответствии с постановлением Правительства РФ от 25.04.2011 № 315 «О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов» (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной» [13], и Инструкцией по дегазации угольных шахт [14], однако достижение ее реального эффекта требует дополнительной адаптации к горно-геологическим условиям каждой шахты.

### Список литературы

1. Опыт высокопроизводительной работы очистных забоев на метаноносных угольных пластах / А.Д. Рубан, В.С. Забурдяев, В.Б. Артемьев, А.К. Логинов // Уголь. 2009. № 10. С. 3-6. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102009.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
2. Учебно-методическое пособие по проектированию вентиляции горных предприятий / Н.О. Каледина, С.С. Кобылкин, О.С. Каледин, А.С. Кобылкин. М.: Горная книга, 2016. 80 с.
3. Каледина Н.О., Шевченко Л.А. Обеспечение аэрологической безопасности выемочных участков шахт при интенсивной отработке угольных пластов. В кн. Экология и безопасность отработки месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. Об № 12. С. 5-7.
4. Влияние фракционного состава отбитого угля на притоки метана и возможность повышения нагрузок на очистной забой по газовому фактору. В кн. Промышленная безопасность минерально-сырьевого комплекса в XXI веке / С.В. Сластунов, Г.Г. Каркашадзе, Е.П. Ютяев, Е.В. Мазаник // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. Об № 2. С. 253-262.

5. Ковалев В.А., Шевченко Л.А. Анализ газовых балансов выемочных полей шахт // Вестник КузГТУ. 2012. № 4. С. 61-63.

6. Зависимость метанообильности высокопроизводительных лав от скорости подвигания очистного забоя (на примере шахт «СУЭК-Кузбасс») / И.В. Курта, Г.И. Коршунов, И.А. Павлов, Е.П. Ютяев // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 4. С. 200-203.

7. О проектировании технологических схем подготовки и отработки выемочных участков угольных пластов / О.И. Казанин, В.В. Козулин, М.В. Барабаш, Е.П. Ютяев // Уголь. 2010. № 6. С. 24-28. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062010.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

8. Портола В.А., Шевченко Л.А. Организационные меры по снижению газообильности очистного забоя при интенсивной отработке высокогазоносных угольных пластов // Материалы V Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». Кемерово: КузГТУ, 2004. С. 209-212.

9. Шевченко Л.А. Газодинамические процессы в призабойной зоне мощных угольных пластов // Вестник КузГТУ. 2010. № 1. С. 62-64.

10. Debit Gas in Well as a Comprehensive Indicator of Gas Permeability of the Coal Seam / The 8<sup>th</sup> Russian-Chinese Symposium Coal in the 21<sup>st</sup> Century: Mining, Processing and Safety. Kemerovo. 2016. Pp. 184-188.

11. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Шинкевич М.В. Нелинейные изменения метанообильности высокопроизводительного выемочного участка // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 6. С. 50-54.

12. Правила безопасности в угольных шахтах. М: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. 200 с.

13. Постановление Правительства РФ от 25.04.2011 № 315 «О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов» (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной».

14. Инструкция по дегазации угольных шахт. Приложение № 18 «Определение объемов каптируемого метана». М: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. 250 с.

UDC 622.411.33:622.647.2 © L.A. Shevchenko, 2018

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 36-40

### Title

**FORMATION OF THE AEROGASIS SITUATION IN EXPOSED CONVEYOR PROCESSES COAL MINES**

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-36-40>

### Author

Shevchenko L.A.<sup>1</sup>

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

### Authors' Information

**Shevchenko L.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of department an Aerology, labor safety and nature, tel.: +7 (3842) 39-63-70, 68-13-04, e-mail: aotp2012@yandex.ru

### Abstract

The results of studies of the influence of the technological process on the high-speed mechanized coal breakdown in the long-term cleaning face on the intensity of gas evolution from the chipped coal are considered, taking into account the time of its location within the excavation site and the oper-

ating mode of the combine. Dependences of the accumulation of coal mass on conveyor workings on the position of the combine in the bottomhole and the speed of its movement along the lava both for continuous operation and in the presence of techno-logical pauses are obtained. Considering the long length of the conveyor workings in comparison with the length of the face face, their interaction is rather complicated, which creates unpredictable aerogas situations along the trajectory of coal transportation within the excavation site. The obtained characteristics of the loads on the belt conveyor installed in the conveyor drift allow determining the time periods within the technological cycle of the combine operation when the maximal

separation of methane from the coal is formed. Methods for limiting gas evolution through flexible control of the technological process of coal stripping in lava are proposed.

**Keywords**

Cleaning face, Conveyor drift, Chipped coal, Combine harvester, Technological pause, Excavation cycle.

**References**

1. Ruban A.D., Ziburdaev V.S., Artemiev V.B., Loginov A.K. Opyt raboty vysokoproizvoditel'noj raboty ochnistnyh zabojev na metanonosnyh ugol'nyh plastah [Experience of high-efficiency work of lavas on methane coal layers]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2009, No. 10, Pp. 3-6. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102009.pdf> (accessed 15.10.2018).
2. Kaledina N.O., Kobylkin S.S., Kaledin O.S. & Kobylkin A.S. *Uchebno-metodicheskiye posobiye po proyektirovaniyu ventilyatsii gornyykh predpriyatiy* [Guidance manual for design of mining facility ventilation]. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2016, 80 p.
3. Kaledina N.O. & Shevchenko L.A. Obespecheniye aerologicheskoy bezopasnosti vyyemochnykh uchastkov shakht pri intensivnoy obrabotke ugol'nykh plastov [Ensuring topological safety of mine working areas during intensive mining of coal seams]. In the book *Ecology and safety of mineral deposits mining. Gornyi Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten' – Mining Information-Analytical Bulletin*, 2017, Separate issue 12, Pp. 5-7.
4. Slastunov S.V., Karkashadze G.G., Yutyaev E.P. & Mazanik E.V. Vliyaniye fraktsionnogo sostava otbitogo uglya na pritoki metana i vozmozhnost' povysheniya nagruzok na ochnistnoy zaboy po gazovomu faktoru [Influence of the fractional composition of the broken-down coal on methane influxes and possibility of increase in highwall mining gas factor loads]. In the book *Industrial safety of the mineral resource sector in the 21st century. Gornyi Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten' – Mining Information-Analytical Bulletin*, 2015, Separate issue 2, Pp. 253-262.
5. Kovalev V.A. & Shevchenko L.A. Analiz gazovykh balansov vyyemochnykh poley shakht [Analysis of mining extracted area gas balances]. *Vestnik KuzGTU – Bulletin of KuzSTU*, 2012, No. 4, Pp. 61-63.
6. Kurta I.V., Korshunov G.I., Pavlov I.A. & Yutyaev E.P. Zavisimost' metanoobil'nosti vysokoproizvoditel'nykh lav ot skorosti podviganiya ochnistnogo zaboya (na primere shakht "SUEK-Kuzbass") [Dependence of the high-performance lava methane content on rate of the highwall mining advance (by the example of "SUEK-Kuzbass" mines)]. *Gornyi Informatsionno-*

*Analiticheskiy Byulleten' – Mining Information-Analytical Bulletin*, 2012, No. 4, Pp. 200-203.

7. Kazanin O.I., Kozulin V.V., Barabash M.V. & Yutyaev E.P. O proektirovaniy tekhnologicheskikh skhem podgotovki i otrabotki vyyemochnykh uchastkov ugol'nykh plastov [About designing technological schemes of preparation and working off mine sites of coal layers]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2010, No. 6, Pp. 24-28. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062010.pdf> (accessed 15.10.2018).
8. Portola V.A. & Shevchenko L.A. Organizatsionnyye mery po snizheniyu gazoobil'nosti ochnistnogo zaboya pri intensivnoy obrabotke vysokogazonosnykh ugol'nykh plastov [Organizational measures aimed at reduction of the highwall mining gas content during intensive working of high-gas-bearing coal seams]. *Materials of the 5th International Scientific Practical Conference "Natural and Intellectual Resources of Siberia"*. Kemerovo. KuzSTU Publ., 2004, Pp. 209-212.
9. Shevchenko L.A. Gazodinamicheskiye protsessy v prizaboynoy zone moshchnykh ugol'nykh plastov [Gas-dynamic processes in the bottomhole formation zone of thick coal beds]. *Vestnik KuzGTU – Bulletin of KuzSTU*, 2010, No. 1, Pp. 62-64.
10. Debit Gas in Well as a Comprehensive Indicator of Gas Permeability of the Coal Seam. The 8th Russian-Chinese Symposium Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety. Kemerovo, 2016, Pp. 184-188.
11. Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N. & Shinkevich M.V. Nelineynyye izmeneniya metanoobil'nosti vysokoproizvoitel'nogo vyyemochnogo uchastka [Nonlinear changes in the methane abundance of the high-output working area]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labour Safety*, 2014, No. 6, Pp. 50-54.
12. *Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh* [Coal mine safety rules]. Moscow, NTTs PB JSC, 2014, 200 p.
13. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 25.04.2011 g. № 315 "O dopustimyykh normakh sodержaniya vzryvoopasnykh gazov" (metana) v shakhte, ugol'nykh plastakh i vyrabotannom prostranstve, pri prevyshenii kotorykh degazatsiya yavlyayetsya obyazatel'noy" ["On the permissible norms for the of explosive gases (methane) content in the mine, coal bes and mined-out space, above which degassing is mandatory"]. Regulation of the Government of the Russian Federation No. 315 of April 25, 2011.
14. *Instruktsiya po degazatsii ugol'nykh shakht. Prilozheniye N 18 "Opredeleniye ob'yemov kapriuyemogo metana"* [Instructions for coal mine degassing. Appendix 18 "Determination of Methane Capacity"]. Moscow, NTTs PB JSC, 2014, 250 p.

## АО «СУЭК» опубликовало операционные результаты за январь – сентябрь 2018 г.

В январе – сентября 2018 г. предприятия АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) добыли 81,5 млн т угля. По сравнению с аналогичным периодом прошлого года увеличение добычи составило 5%.

Объемы реализации в январе – сентябре 2018 г. увеличились на 9% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, составив 85 млн т угля и других энергетических продуктов.

Объемы международных продаж за 9 мес. 2018 г. увеличились на 4% и составили 43,3 млн т угля и других энергетических продуктов. Основные направления международных продаж – Южная Корея, Китай, Япония, Тайвань, Нидерланды, Германия, Польша, Турция, Марокко, Вьетнам, Израиль, Италия и Испания.

Рост продаж на внутреннем рынке составил 15%. Российским потребителям реализовано 41,7 млн т угля, из ко-



торых 33,9 млн т было отгружено на предприятия электроэнергетики.

Генерирующие активы Сибирской генерирующей компании (СГК), которая в августе 2018 г. вошла в Группу компаний АО «СУЭК», за 9 мес. 2018 г. произвели

31,4 млрд квт-ч электрической энергии и 26,6 млн гкал тепловой энергии.

*Наша справка.*

*СУЭК – одна из ведущих угледобывающих компаний мира, крупнейший в России производитель угля, крупнейший поставщик угля на внутренний рынок и на экспорт, один из ведущих производителей тепла и электроэнергии в Сибири. Добывающие, перерабатывающие, энергетические, транспортные и сервисные предприятия СУЭК расположены в 11 регионах России. На предприятиях СУЭК работают более 66 000 человек. Основной акционер – Андрей Мельниченко.*

## Команда АО «СУЭК-Кузбасс» стала призером Международных соревнований горноспасателей

**Команда ВГК шахты им. А.Д. Рубана завоевала серебряные награды на XI Международных горноспасательных соревнованиях, проходивших 22-29 сентября 2018 г. в Екатеринбурге, уступив только кузбасским коллегам Кемеровского военизированного горноспасательного отряда МЧС России.**

В соревнованиях приняли участие 25 команд из 14 стран. Соревнования состояли из семи этапов. Лучшие горняки состязались в ликвидации условных чрезвычайных ситуаций (ЧС), обменивались опытом, повышая свое мастерство в условиях реальных горнодобывающих предприятий Урала. Во время соревнований профессионалы горноспасательной отрасли смогли ознакомиться с методами работы, применяемыми в разных странах мира. Одним из видов состязаний стала горноспасательная эстафета, в которой участвовали все команды.

Специальными дипломами международных соревнований были отмечены: «За волю к победе» – команда Китая, «Самая быстрая команда» – мужская команда из Канады, «Самая сплоченная команда» – горноспасатели из Словакии, «Самые стильные» – команда Замбии, «Самая



активная команда» – горноспасатели из Индии, «Самая сильная команда» – горноспасатели из г. Луганска.

Международные соревнования горноспасателей в России проводились впервые. По словам заместителя министра по чрезвычайным ситуациям генерал-лейтенанта **Павла Барышева**, для России очень почетно принимать столь серьезных гостей – мировую элиту горноспасательного дела. «Сегодня мы вместе открываем новую страницу в его истории. Профессионализм, мужество, беззаветная преданность своему делу объединяют спасателей разных стран и континентов, являясь залогом создания крепкого международного спасательного братства. Такие масштабные мероприятия вновь и вновь подтверждают, что благородное дело спасения и помощи не знает границ!», – отметил **Павел Барышев**.

## Бригада горняков шахты «Алардинская» ЕВРАЗ добыла двухмиллионную тонну угля

14 сентября 2018 г. шахта «Алардинская» первой среди предприятий ООО «Распадская угольная компания» преодолела двухмиллионный рубеж по добыче угля из одного забоя с начала этого года.

Производственный рекорд из лавы № 3-38 поставила бригада **Алексея Комракова** добычного участка № 1 (начальник **Валерий Кузнецов**).

По традиции передовиков очистного фронта поздравили руководители компании. Символический камень угля с надписью «2 000 000» шахтеры вручили генеральному директору ООО «Распадская угольная компания» **Сергею Степанову**. Он поблагодарил шахтеров за производственное достижение и пожелал им безопасной работы.

«На российском рынке углей ценной марки КС шахта «Алардинская» занимает долю в 10-15%, это значимое предприятие в масштабах страны и, безусловно, один из флагманов Распадской угольной компании. Главная задача для горняков шахты на будущий год – переход на перспективный пласт № 6, где весной 2019 г. планируем запуск первой лавы. Ожидаем, что уголь из нового пласта по качественным параметрам будет еще лучше», – отметил генеральный директор ООО «Распадская угольная компания» **Сергей Степанов**.

Преодолев рубеж в 2 млн т, шахтеры бригады А. Комракова планируют новое достижение – за месяц выдать одной лавой 400 тыс. т угля, что в истории предприятия станет абсолютным рекордом угледобычи.

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЗАВОД МОДУЛЬНЫХ  
ДЕГАЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК»

РЕКЛАМА

15 MW

РОССИЯ  
Г. НОВОКУЗНЕЦК  
ШОССЕ СЕВЕРНОЕ, 8

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

**МЕТАН ПОД КОНТРОЛЕМ!**

## АО «Новосибирский механический завод «Искра» подвело итоги работы за 9 месяцев 2018 года

**С начала года заводом реализовано продукции на сумму более 3,4 млрд руб., объем выпуска продукции составил более 3,5 млрд руб.**

Рост производства за 9 мес. 2018 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года составил 6,6%, рост выручки по итогам третьего квартала по сравнению с аналогичным периодом 2017 г. составил 4,1%. Рост производительности превысил 2%.

Поставки продукции завода на внутренний рынок составили порядка 2,8 млрд руб., на экспорт – свыше 657 млн руб.

Российские потребители продукции завода с наибольшей долей поставок: АО «Аметистовое», ПАО «Бурятзолото», ЗАО «Артель старателей «Витим», ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат», ООО «Каменсквзрывпром», Кировский филиал АО «Апатит», АО «Колымавзрывпром», ООО «КРУ-Взрывпром», АО «Нитро Сибирь-Кузбасс», ПАО ГМК «Норильский никель», АО «Полюс Красноярск», АО «Севуралбокситруда», ЗАО «Тревожное Зарево», ООО «Управление по буровзрывным работам», АО «Ургалуголь», АО «Учалинский ГОК», АО «Хакасвзрывпром», АО «Алмазы Анабара», АК «АЛРОСА», АО «Кольская ГМК», ЗАО «Евровзрывкомплект», ООО «Золоторудная Компания «Майское», АО «Междуречье», ООО «Протол», ООО «Северное Золото», АО «Сибвзрывкомплект».

Основные зарубежные потребители – предприятия Казахстана, Узбекистана, Монголии, Армении, Киргизии и Финляндии.

На предприятии производятся средства инициирования и капсули-воспламенители. Всего 118 наименований продукции.

Продукция предприятия имеет сертификат соответствия европейскому стандарту ВАМ (Германия) и допущена к применению в странах Европейского Союза.

АО «Новосибирский механический завод «Искра» получило сертификаты соответствия требованиям европейского стандарта ВАМ (Германия) на продукцию: инициирующие устройства ИСКРА-П, ИСКРА-ПС, ИСКРА-С, ИСКРА-Ш и

электродетонаторы ЭД-3-ИМ-К. Сертификаты выданы Федеральным институтом исследования и испытания материалов ФРГ (ВАМ) в связи с расширением линейки продукции предприятия – выпуском изделий с интервалами замедления, специфичными для рынка Евросоюза.

ИСКРА-П – поверхностное с замедлением устройство, предназначенное для замедления передачи инициирующего импульса при взрывных работах на земной поверхности, а также в подземных рудниках и шахтах, не опасных по газу или пыли.

ИСКРА-ПС – поверхностно-скважинное с замедлением устройство, предназначенное для взрывных работ на земной поверхности. Сочетает преимущества скважинного и поверхностного устройств в одном продукте. Это решение позволяет обеспечить надежность соединения устройств и простоту применения.

ИСКРА-С – скважинное с замедлением устройство, предназначенное для внутрискважинного замедления инициирования боевиков скважинных и шпуровых зарядов при взрывных работах на земной поверхности и в подземных горных выработках, где допущено применение непридохранительных взрывчатых веществ класса при воздействии повышенной температуры до 85°С в течение 12 ч. Иницируется от неэлектрических систем инициирования, электродетонаторов, детонирующих шнуров.

ИСКРА-Ш – шпуровое с замедлением устройство, предназначенное для замедления инициирования боевиков шпуровых и скважинных зарядов при взрывных работах в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непридохранительных взрывчатых веществ II класса, а также на земной поверхности.

ЭД-3-ИМ-К – короткозамедленный непридохранительный электродетонатор пониженной чувствительности к блуждающим токам, зарядам статического электричества, предназначен для взрывных работ на земной поверхности, а также в шахтах и рудниках, не опасных по газу или пыли, на пластах, опасных по пыли, в сланцевых шахтах, не опасных по газу.



*Наша справка.*

АО «Новосибирский механический завод «Искра» – российское предприятие, занимающее лидирующие позиции в сфере производства промышленных средств взрывания для горнорудной и угольной промышленности, геофизической разведки полезных ископаемых, проведения взрывных работ на строительных объектах. Входит в состав Государственной Корпорации «Ростех».

## СУЭК и Агентство труда и занятости населения Красноярского края договорились о кадровом обеспечении предприятий угольной отрасли

АО «СУЭК-Красноярск», региональное производственное объединение Сибирской угольной энергетической компании в Красноярском крае, и Агентство труда и занятости населения в Красноярском крае договорились о кадровом обеспечении предприятий угольной отрасли в регионе. Соответствующий проект подписали генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров и руководитель Агентства Виктор Новиков.

На текущий момент второму по объемам добычи региональному объединению СУЭК для работы на угледобывающих и сервисных предприятиях в городах Бородино, Назарово и Шарыпово требуется около 80 сотрудников. Компания готова трудоустроить инженера-химика, маркшейдера, машинистов тепловоза, монтеров пути, монтажников по монтажу стальных и железобетонных металлоконструкций, слесарей по сборке металлоконструкций, операторов станков с ЧПУ, электромонтеров, электрослесарей, электрогазосварщиков, фрезеровщиков, шлифовщиков и работников ряда других специальностей.

«Сегодня предприятия СУЭК в Красноярском крае активно развиваются, – поясняет генеральный директор АО «СУЭК-Красноярск» Андрей Федоров. – Если в прошлом году наши угольные разрезы – крупнейший в России «Бородинский имени М.И. Щадова», «Назаровский» и «Березов-



ский» – суммарно добыли 27,5 млн тонн, то план года текущего – 31-32 млн с дальнейшим наращиванием объемов до 35 млн тонн угля и выше. Большие задачи стоят и перед сервисными предприятиями – помимо ремонтов и обслуживания горной техники они активно осваивают выпуск импортозамещающей, инновационной продукции».

Подготовку и набор сотрудников для угледобывающей отрасли СУЭК и Агентство труда и занятости планируют вести по целому спектру направлений: это как поиск специалистов в городах края – Ачинске, Боготоле, Канске, Минусинске и других, так и работа с профильными организациями профессионального образования, вузами. Агентство также берет на себя реализацию комплекса мероприятий по мониторингу регионального рынка труда, краевой и общероссийской базы вакансий, размещению объявлений в СМИ, проведению ярмарок вакансий, обучению и переобучению граждан.

Добавим, что нынешний совместный проект по кадровому обеспечению предприятий угольной отрасли Красноярского края – не первый опыт сотрудничества СУЭК и Агентства труда и занятости. С 2005 г. в рамках программы сезонного трудоустройства школьников «Трудовое лето» стороны реализуют проект «Трудовые отряды СУЭК» по обеспечению летней занятости подростков шахтерских городов и районов.

## МУФТА ПРО

### Мы предлагаем:

- Краны топливозаправочные
- Заправочные клапаны
- Вентиляционные клапаны
- Системы FFS PITBOSS для заправки карьерной техники
- Системы учёта топлива SAMPI S.p.A.
- Стационарные, мобильные и автотопливозаправщики со скоростью до 1500 л/минуту

### Контакты:

ООО «МУФТА ПРО»  
тел.: +7 (499) 394 66 60  
e-mail: muftapro@gmail.com  
www.muftapro.ru/  
www.muftapro.com



FAST FILL  
SYSTEMS



WIGGINS



FLOMAX

СИСТЕМЫ БЫСТРОЙ ЗАПРАВКИ

# Производство газового топлива в процессе подземной газификации газовых угольных пластов

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-44-46>



**ВАСЮЧКОВ**  
**Юрий Федорович**  
 Доктор техн. наук,  
 профессор кафедры  
 «Геотехнологии освоения недр»  
 Горного института  
 НИТУ МИСИС,  
 119049, г. Москва, Россия,  
 тел.: +7 (916) 676-50-81,  
 e-mail: vas-yury@yandex.ru

*Статья содержит анализ энергетической эффективности полного технологического цикла от добычи угля до его использования на тепловых ТЭС. Инновационные решения для повышения энергоэффективности и энергосбережения углеводородных ресурсов могут быть основаны на создании Локальных углегазоэнергетических комплексов на основе выработки из угля газового топлива и утилизации угольного метана. Дается оценка степени повышения теплоты сгорания генераторной смеси до уровня, предъявляемого к газотурбинным генерирующим установкам.*

**Ключевые слова:** угольные месторождения, энергетическая эффективность топлива, выработка газового топлива из угля, локальный углегазоэлектрический комплекс, генераторный газ, теплота сгорания.

## ВВЕДЕНИЕ

Угольная энергетика основана на использовании угля в качестве источника электроэнергии на ТЭС. Тепловые электростанции с такой технологией в России обычно работают с КПД 38-43%. В то же время электростанции на природном газе достигли КПД более 50%. Если учесть энергетические затраты на изготовление машин и оборудования, а также на вскрытие, подготовку и добычу угля, его транспортировку на ТЭС, то от потенциальной теплотворной способности угля используется полезно не более 10-15%.

Уже сейчас существует прямой путь существенно увеличить энергетическую эффективность всей углеэлектрической технологической цепи на основе Локальных углегазо-

электрических комплексов (ЛУГЭК) [1, 2], в основе которых лежат выработка газового топлива из угольных пластов и/или отбитого угля путем его газификации в подземных или наземных газогенераторах, добычи угольного метана и использование его в установках комбинированного цикла с высшей энергетической эффективностью.

## ПРОИЗВОДСТВО ГАЗОВОГО ТОПЛИВА

Основной проблемой широкого внедрения этой технологии в настоящее время является низкая природная теплотворная способность вырабатываемого генераторного газа подземной газификации угля (ПГУ), не превышающая, как правило, 4-6 МДж/м<sup>3</sup>. Горючие компоненты в составе генераторного газа оцениваются на уровне 24-34% при наличии 12-15% углекислого газа.

Однако газовые турбины электростанций выпускаются в расчете на природный газ, содержащий более 92% метана. Поэтому основной целью разработки использования ПГУ для обеспечения газовым топливом турбоэлектростанций является очистка генераторного газа от негорючих компонентов

Наиболее близка к процессу ПГУ реакция углерода с водяным паром при  $t = 500-600^{\circ}\text{C}$ . Продуктом реакции служит синтез-газ (сингаз). Вообще эта реакция обратима, но при  $t = 900-1000^{\circ}\text{C}$  эндотермическая реакция сдвигается в сторону образования горючих компонентов. При использовании парокислородного дутья состав генераторного газа изменяется в сторону увеличения выхода горючих компонентов: 70-80%. Такая схема ПГУ позволяет вырабатывать генераторный газ с теплотворной способностью 14-16 МДж/м<sup>3</sup>, что значительно увеличивает энергетическую эффективность ПГУ.

В проекте внедрения технологии ЛУГЭК для Кузнецкого угольного бассейна принят тип дутья – смесь кислорода и водяного пара в соотношении  $\text{CO}:\text{H}_2 = 3,1:3,8$ . Такой оксидный газ позволяет достичь теплоты сгорания до 18-20 МДж/м<sup>3</sup> [3].

При использовании кислородного дутья теплота сгорания сырого генераторного газа может достигать значения 17 МДж/м<sup>3</sup>, а при дополнительном секвестировании (улавливание и захоронение в недрах) углекислого газа – до 22-24 МДж/м<sup>3</sup>.

Интенсивно развиваются процессы применения катализаторов, которые позволяют уменьшать температуру процесса при сохранении его высокой скорости, а также регулировать состав продуктов газификации.

Сравнение различных видов газового топлива

Показатели газового топлива	Штат Иллинойс (восточный)			Штат Вайоминг (западный)		
	НКГ	СГ	ЗПГ	НКГ	СГ	ЗПГ
Расход, млн м <sup>3</sup> /сут.	23,2	9,7	4,3	18,2	9,2	4,3
Теплота сгорания, МДж/м <sup>3</sup>	6,5	15,7	35,4	8,4	16,5	35,4
Капитальные вложения, млн дол. США	168	104	128	38	69	86
Затраты на производство газа, дол. США/МДж	0,68	0,68	0,87	0,34	0,41	0,57
Прибыль, дол. США/МДж	0,15	0,15	0,18	0,17	0,19	0,22

Примечание: НКГ – низкокалорийный газ; СГ – синтетический газ (сингаз); ЗПГ – заменитель природного газа.

Заменитель ПГ получают в процессе газификации плотного угольного слоя по способу Лурги с теплотой сгорания 12,6 МДж/м<sup>3</sup>, где используют парокислородное дутье с давлением 3 и более МПа. Так, в США [3] в 1970-х годах вырабатывали ЗПГ в проекте ЛЛЛ. В этом проекте сырой генераторный газ с составом: 38,8% Н<sub>2</sub>, 11,1% СН<sub>4</sub>, 20,2% СО и 28% СО<sub>2</sub> очищали от сернистых соединений и после этого подавали в блок метанизации. Опыт проекта ЛЛЛ показал, что в процессе газификации на парокислородном дутье получается теплота сгорания газового топлива до 35 МДж/м<sup>3</sup>.

Таким образом, управляя процессом подачи окислителя в скважины ПГУ путем подбора компонентов и параметров дутья, можно получать генераторное топливо достаточно высокого теплового содержания. Арсенал дутьевых средств и аппаратного обеспечения достаточно широк для промышленной выработки энергетически эффективного газового топлива. Ориентировочные экономические характеристики выработки различных видов газового топлива, по данным США, приведены в таблице [4].

Удаление двуокиси углерода из генераторной смеси основано на поглощении его сорбентами или иными твердыми поглотителями. В работах МГИ использованы поглотители на поташно-карбонатной основе [5]. В системах «углекислый газ – твердое тело» в качестве адсорбента применяются молекулярные сита, синтетические цеолиты, обладающие избирательной поглощающей способностью по отношению к углекислому газу.

В последние годы развивается технология захоронения промышленного углекислого газа в недрах (США, Норвегия, Австрия), так называемое секвестирование газа. Эффективность улавливания СО<sub>2</sub> при использовании данного метода достигает 85-95%. Сравнение стоимости строительства угольной электростанции мощностью 500 МВт с улавливанием СО<sub>2</sub> и без него показывало, что в первом случае суммарные затраты увеличиваются на 48% [6]. Но прирост затрат покрывается как за счет удешевления стоимости электростанции при переводе ее на газовое топливо, так и экономией выплат по экологическим налогам и штрафам.

Изложенные способы удаления углекислого газа из сырой генераторной смеси могут повысить его теплоту сгорания на 15-20%, что в сумме с управляемым дутьем поднимает теплоту сгорания очищенной газовой смеси до 24-26%. Выбор способа очистки сырой генераторной смеси решается на основе экономического анализа.

Для достижения более высокой теплоты сгорания очищенного генераторного газа (до уровня природного газа – 34 МДж/м<sup>3</sup>) в технологии ЛУГЭК на газоносных угольных месторождениях – МГИ предложено обогащать его до-

бываемым угольным метаном, что потребует применения методов интенсификации метаноотдачи газоносных угольных пластов.

Целесообразной областью использования инновационной технологии ЛУГЭК являются трудноизвлекаемые или геологически неблагоприятные запасы угля. Эта технология может существовать как самостоятельно, так и в рамках действующих угольных предприятий.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение энергосбережения и энергоэффективности в углеэнергетике весьма актуально для инновационного прорыва в экономике страны. Известно, что при разработке угольных месторождений потери угля в недрах достигают 25-30%, на нарушенных угольных пластах – и более. Поступая на тепловые ТЭС, уголь еще на 38-42% теряет свою энергетическую ценность. Результатом является низкий энергетический КПД использования ценнейшего углеводородного топлива. Кроме того, мы еще не научились масштабировать использовать огромные трудноизвлекаемые ресурсы угольного метана в России.

Рассмотренные способы выработки сингаза, или заменителя природного газа подтверждают реальную осуществимость этих процессов на угольных месторождениях, в частности в технологии ЛУГЭК.

### Список литературы

1. Васючков Ю.Ф. Отработка угольных запасов бесшахтным способом с использованием подземного сжигания пласта и получением тепловой и/или электрической энергии непосредственно на горном предприятии / Сборник докладов конференции «Комплексное изучение и эксплуатация месторождений полезных ископаемых». Новочеркасск, 1995. С. 28-33.
2. Vasyuchkov Yu.F., Bykova M.Yu., Vasyuchkov M.Yu. Science Principles for Concept-Project of Combined coal and Gas and Electrical blocks // Wiertnictwo Nafta Gaz. 2013. № 30. Pp. 261-264.
3. Stan Kaplan. Power Plants: Characteristics and Costs / CRS Report for Congress. Washington. 2008. November 13. P. 97 (total volume 108 p.).
4. Подземная газификация угольных пластов / Е.В. Крейнин, Н.А. Федорова, К.Н. Звягинцев, Т.М. Пьянкова. М.: Недра, 1982. 151 с.
5. Быкова М.Ю. Метод повышения эффективности получения газового топлива в технологии ЛУГЭК // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. ОВ № 11. 8 с.
6. Сидорова К.И. Разработка технико-экономической модели улавливания СО<sub>2</sub> для энергетического сектора // Экология и промышленность России. 2014. № 12. С. 20-25.

UDC 622.817.47:662.765 © Yu.F. Vasyuchkov, 2018  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 44-46

**Title**  
**GAS FUEL PRODUCTION IN THE PROCESS OF UNDERGROUND GAS COAL BED GASIFICATION**

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-44-46>

**Author**

Vasyuchkov Yu.F.<sup>1</sup>

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

**Authors' Information**

**Vasyuchkov Yu.F.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of "Geotechnologies of mineral resources extraction" of Mining Institute, tel.: +7 (916) 676-50-81, e-mail: vas-yury@yandex.ru

**Abstract**

The paper contains an analysis of the energy efficiency of the full technological cycle from the coal mining to its use in thermal power plants (TPP). Innovative solutions to improve energy efficiency and energy saving of hydrocarbon resources can be based on creation of local coal-gas and energy complexes based on production of the gas fuel from coal and utilization of coal methane. The paper evaluates the degree of increase in the generator mixture calorific value up to the level imposed on gas-turbine generating plants.

**Keywords**

Coal field, Energy fuel efficiency, Production of gas fuel from coal, Local coal-gas-energy sector, Production gas, Calorific value.

**References**

1. Vasyuchkov Yu.F. *Otrabotka ugol'nykh zapasov besshakhtnym sposobom s ispol'zovaniyem podzemnogo szhiganiya plasta i polucheniym teplovoy i/ili elektricheskoy energii neposredstvenno na gornom predpriyatii* [Development

of coal reserves in a non-mine way using underground combustion of coal seams and obtaining thermal and / or electrical energy directly at a mining enterprise]. *Sbornik dokladov konferentsii "Kompleksnoye izucheniye i ekspluatatsiya mestorozhdeniy poleznykh iskopyayemykh"* [Collection of reports of the conference "Integrated study and exploitation of mineral deposits"]. Novocherkassk, 1995, pp. 28-33.

2. Vasyuchkov Yu.F., Bykova M.Yu. & Vasyuchkov M.Yu. Science Principles for Concept-Project of Combined coal and Gas and Electrical blocks. *Wiertnictwo Nafta Gaz*, 2013, No. 30, pp. 261-264.

3. Stan Kaplan. Power Plants: Characteristics and Costs. CRS Report for Congress. Washington, 2008, November 13, pp. 97 (total volume 108 p.)

4. Kreinin E.V., Fedorova N.A., Zvyagintsev K.N. & Piankova T.M. *Podzemnaya gazifikatsiya ugol'nykh plastov* [Underground gasification of coal seams]. Moscow, Nedra Publ., 1982, 151 p.

5. Bykova M.Yu. Metod povysheniya effektivnosti polucheniya gazovogo topliva v tekhnologii LUGEK [Method for increasing in gas fuel production efficiency in LUGEC technology]. *Gornyi Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten'* – Mining Information-Analytical Bulletin, 2013, Separate issue 11, 8 p.

6. Sidorova K.I. Razrabotka tekhniko-ekonomicheskoy modeli ulavlivaniya CO<sub>2</sub> dlya energeticheskogo sektora [Development of a technical and economic model of CO<sub>2</sub> trapping for the energy sector]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii – Ecology and Industry of Russia*, 2014, No. 12, pp. 20-25.

## Назаровское ГМНУ освоило изготовление ставов ленточных конвейеров

ООО «Назаровское горно-монтажное наладочное управление», сервисное предприятие Сибирской угольной энергетической компании в Красноярском крае, осваивает выпуск новой продукции. В настоящее время Назаровское ГМНУ выполняет крупный заказ для предприятий подземной угледобычи Кемеровской области по изготовлению ставов ленточных конвейеров. В шахтах такие конвейеры служат для транспортирования угля и породы из забоев, подъема их на поверхность. Всего Назаровскому ГМНУ предстоит изготовить более 1500 секций ленточного конвейера.

Работы выполняются в кооперации с другим сервисным предприятием СУЭК – ООО «СИБ-ДАМЕЛЬ» из Кемеровской области. Назаровское ГМНУ изготавливает основной узел конвейера – металлический став. Он формируется из секций длиной от 3 до 7,5 м и шириной от 1,2 до 1,6 м. Дальнейшие работы по доукомплектованию конвейеров – изготовлению конвейерных роликов и установке транспортной ленты – выполняют кемеровчане. Готовая продукция уже поставляется на шахты Кемеровской области. В сентябре 2018 г. заказчику отправлено порядка 900 пог. м.



«Объемы угледобычи в шахтах неизменно растут, поэтому возникает потребность в поставке сопутствующего оборудования. Перед нами СУЭК поставлена задача – в месяц изготавливать не менее 2000 пог. м продукции. Мы уверены, что в октябре выйдем на этот показатель, а до конца года сможем отправить в шахты Кемеровской области уже 7 тыс. пог. м продукции», – отметил главный инженер ООО «Назаровское ГМНУ» **Анатолий Зельский**.

Решать поставленные задачи – а в следующем, 2019 г., Назаровскому ГМНУ предстоит изготовить уже 24000 пог. м ставов – удастся за счет использования современных технологий. В процессе задействованы установка плазменной резки и ленточно-пильный станок, позволяющие работать с металлом с более высокой скоростью и точностью. Они были приобретены СУЭК для Назаровского ГМНУ в 2017 г. по программе инвестиционного развития.

Добавим, что в этом году Назаровское ГМНУ уже выполняло крупный заказ для кемеровских шахтеров. Назаровцы офланцевали почти 1000 труб для отвода грунтовых вод из шахты «Комсомолец». Аналогичный заказ на предприятие поступил вновь. Специалистам Назаровского ГМНУ предстоит такой же объем работ.





ОТ СЛАВНОГО ПРОШЛОГО –  
В УВЕРЕННОЕ БУДУЩЕЕ

РЕКЛАМА



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ОАО «БЕЛАЗ»

[WWW.PTSBELAZ.RU](http://WWW.PTSBELAZ.RU) +7 (4812) 70-21-17

# Жаростойкий поризованный бетон на основе отходов углеобогащения, химии и фосфатного связующего

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-48-53>



**АБДРАХИМОВА  
Елена Сергеевна**  
Канд. техн. наук,  
доцент кафедры «Химия»  
ФГАОУ ВО «Самарский  
национальный  
исследовательский  
университет  
имени академика С.П. Королева»,  
443086, г. Самара, Россия,  
тел.: +7 (906) 127-09-44,  
e-mail: 3375892@mail.ru

*В работе показано, что отходы углеобогащения с повышенной теплотворной способностью целесообразно использовать не только как наполнители, но и как выгорающие добавки для поризованного бетона. Использование шламов флотационного углеобогащения и высокоглиноземистых отходов химии на основе химического связующего – фосфатной кислоты без применения природных традиционных материалов позволяет получать жаростойкие поризованные бетоны со средней плотностью 700, 800, 900, 1000 кг/м<sup>3</sup> и температурой применения 1350-1500 °С. Полученный материал обладает высокими физико-механическими свойствами и жаростойкостью, может быть использован в футеровках тепловых агрегатов взамен штучных шамотных и корундовых легковесных огнеупоров, получаемых по обжиговой технологии, и высокотемпературных жаростойких бетонов на основе дефицитных технических компонентов – оксидов алюминия, хрома, магния.*

**Ключевые слова:** жаростойкий бетон, шламы углеобогащения, фосфатные связующие, высокоглиноземистые отходы химии, футеровка, тепловые агрегаты.

## ВВЕДЕНИЕ

Экологическая ситуация в России характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду, значительными экологическими последствиями прошлой экономической деятельности [1].

Топливо-электроэнергетический комплекс является одним из основных «загрязнителей» окружающей природной среды. Это выбросы в атмосферу (48% всех выбросов в атмосферу), сбросы сточных вод (36% всех сбросов), а также образование твердых отходов (30% всех твердых загрязнителей) [2].

С накоплением промышленных отходов нарушается экологическое равновесие [3]. Земельным комиссиям приходится отводить участки для хранения отходов, которые могли бы быть использованы в градостроительстве или сельском хозяйстве. Вместе с тем из отходов или из отходов в комбинации с природным сырьем могут быть изготовлены практически все основные строительные материалы [4, 5]. Кроме того, статьей 42 Конституции РФ гарантировано право каждого на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

Принесение вреда окружающей среде (ст. 1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды») – это негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой дегидратацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов. Кроме того, в законе указано, что каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации.

В работах [5, 6, 7] было показано, что отходы топливно-энергетического комплекса целесообразно использовать не только как отощители, но и как выгорающие добавки, так как около 70% золошлаковых материалов и отходов углеобогащения имеют повышенное содержание несгоревших остатков, что значительно сокращает потребность в топливе при обжиге керамических материалов. Например, содержание углерода и теплотворная способность отходов флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская» соответственно равны 8,88% и 3700 ккал/кг.

В настоящее время, эффективность работы всех отраслей промышленности необходимо оценивать с точки зрения баланса между массой основного продукта и объемом образуемых техногенных отходов.

Кроме того, накопленные загрязнения оказывают негативное влияние и на темпы экономического роста. По экспертным оценкам, ежегодный экономический ущерб составляет 4-6% ВВП.

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОРИЗОВАННЫЕ БЕТОНЫ

Для наружной кладки печей целесообразно применять теплоизоляционные изделия НК-23 (ШЛ-0,45) с температурой применения 1200 °С (ТУ 15441-037-22298789-2007) [8, 9]. Размеры изделий – 250x120x65 мм, марка – не ниже М150. Невозможно выполнить наружную кладку печи из огнеупорного

кирпича, так как при этом повышается пожарная опасность из-за возможного перегрева [10]. При одинаковой температуре, шамотный кирпич прогревается быстрее и сильнее, чем теплоизоляционный, а также сильнее расширяется [11].

Современное развитие экономики России выдвигает ряд научно-технических задач, решение которых предполагает радикальное снижение материалоемкости конструкций, энергетических и тепловых потерь, а также рациональное и эффективное использование всех видов ресурсов [12].

Такая тенденция наблюдается не только в России, но и за рубежом, поэтому вопросы разработки новых жаростойких материалов для эффективной теплоизоляции имеют первостепенное значение.

Наибольший эффект при решении подобных задач достигается при замене штучных огнеупорных изделий огнеупорными легкими жаростойкими бетонами. Особой разновидностью легкого бетона является поризованный бетон, который образуется с применением выгорающих добавок [13, 14]. Применение жаростойких поризованных бетонов позволяет обеспечить снижение материалоемкости конструкций тепловых агрегатов, непроизводительных теплотерь в окружающую среду; снизить общий расход топлива в печах непрерывного и периодического действия, что особенно актуально в связи с ростом мировых цен на все виды энергоресурсов.

Наибольшую прочность при сжатии и температуру применения имеют фосфатные поризованные бетоны. Одной из эффективных технологий изготовления данного материала является его получение за счет введения в составы углеродосодержащих добавок.

Фосфатные связующие, применяемые в жаростойких бетонах относятся к химическим связующим.

Химические связующие дают возможность широко использовать многие неорганические отходы промышленности, в том числе нанотехногенного сырья – высокоглиноземистых отходов нефтехимии. При формировании прочного камня в бетоне происходит силикатное или фосфатное связывание неорганических отходов в устойчивые высокотемпературные соединения. Пропитка огнеупор-

ных заполнителей химическими связующими упрочняет их, а в некоторых случаях и повышает огнеупорность, что очень важно для жаростойких бетонов.

В настоящее время в России и за рубежом проведено большое количество работ, направленных на совершенствование технологии получения фосфатного жаростойкого бетона, повышение его эксплуатационных свойств, а также расширение сырьевой базы.

К наиболее актуальной задаче следует отнести использование техногенных отходов промышленности в производстве поризованных бетонов, позволяющих повысить физико-механические свойства и жаростойкость, снизить себестоимость материала и частично решить проблему утилизации отходов.

Исходя из экономической целесообразности, для снижения плотности жаростойкого бетона в его составы необходимо вводить отходы углеобогащения с повышенной теплотворностью.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве выгорающих добавок для получения теплоизоляционных материалов использовались:

- отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская» (Кемеровская область) [15, 16, 17];
- шламы флотационного углеобогащения (угольные шламы ЦОФ «Обуховская», Ростовская область) [18, 19, 20];
- отходы углеобогащения Коркинского разреза (Челябинская область), которые сложены аргиллитами, алевролитами, углистыми аргиллитами и сланцами [21];
- отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевская» (г. Новокузнецк), представленные сланцами аргиллитов-алевролитового состава с прослойками песчаников. Химические составы отощителей: оксидный и элементный представлены в табл. 1, 2, фракционный – в табл. 3, а технологические свойства в табл. 4.

**Алюмощелочной шлам** образуется в химической промышленности при очистке стоков производств этил- и изопропилбензола от остаточного хлористого алюминия, используемого в технологическом процессе как катализа-

Таблица 1

#### Оксидный состав компонентов

Компонент	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	П.п.п.
Отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская»	1	18-19	6-7	1-2	0,3-0,7	4-5	16-17
Шламы флотационного углеобогащения ЦОФ «Обуховская»	28-29	13-14	5-6	1-2	1-1,5	1-1,5	47-48
Отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевская»	54-55	16-17,5	3-4	5-6	1,5-2	3-4	13-14
Отходы углеобогащения Коркинского разреза	43-44	17-18,5	5-6	3-4	2-3	2-3	19-20
Алюмощелочной шлам	2-3	61-65	1-1,5	4-5	4-4,5	19-20	7-8

П.п.п. – потери при прокаливании; R<sub>2</sub>O = K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O.

Таблица 2

#### Элементный анализ компонентов

Компонент	Элементы									
	C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	S	K	Ca	Fe
Отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская»	8,88	53,19	–	–	11,64+0,29	19,02	0,28	2,39	0,35	3,96
Шламы флотационного углеобогащения (угольные шламы ЦОФ «Обуховская»)	8,84	55,19	–	–	9,64+0,29	19,03	0,28	2,39	0,38	3,88
Отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевская»	5,2	53,92	0,44	0,2	11,58	19,5	0,1	1,71	4,5	2,85
Отходы углеобогащения Коркинского разреза	8,80	57,17	1,78	1,05	11,34+0,19	16,03	0,11	–	0,53	3,87
Алюмощелочной шлам	–	61,74	–	–	25,58	2,80	–	2,83	0,23	0,6

## Фракционный состав компонентов

Компонент	Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
	>0,063	0,063-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,0001
Отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская»	41	27,1	6,7	12,8	12,4
Шламы флотационного углеобогащения (угольные шламы ЦОФ «Обуховская»)	37,8	24,2	7,1	13,2	17,7
Отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевская»	38,8	27,1	8,2	11,3	14,6
Отходы углеобогащения Коркинского разреза	57,1	9,8	8,5	12,8	11,8

Таблица 4

## Технологические показатели отходов флотации

Отходы углеобогащения	Теплотворная способность, ккал/кг	Огнеупорность, °С		
		Начало деформации	Размягчение	Жидкоплавкое состояние
Отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская»	3700	1220	1260	1300
Шламы флотационного углеобогащения (угольные шламы ЦОФ «Обуховская»)	3500	1250	1300	1350
Отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевская»	2200	1230	1270	1300
Отходы углеобогащения Коркинского разреза	3200	1260	1300	1320

тор, получаемый при очистке стоков производств этил- и изопропилбензола. Сточные воды вследствие гидролиза  $AlCl_3$  носят кислый характер (рН – 2-3) и нейтрализуются известковым молоком (рН – 8,5-9,5). Шлам после осаждения направляется на обезвоживание на фильтр-пресс и далее на утилизацию, химический состав шлама представлен в *табл. 1*. Имея повышенное содержание оксида алюминия и оксидов натрия, алюмощелочной шлам способствует повышению прочности и спеканию керамических материалов. Отличительной особенностью алюмощелочного шлама является высокая степень дисперсности. По этому признаку он не имеет себе равных среди порошкообразных материалов, получаемых механическим измельчением. Высокая степень дисперсности (10000-12000  $cm^2/g$ ) придает шламу устойчивую коагуляционную структуру, типичную для всех гелей и высокую пластичность (более 12) [22, 23, 24, 25, 26].

Данные шламовые отходы отличаются от высокодисперсных порошкообразных материалов природного и техногенного происхождения наноразмерностью, которая находится в пределах от 80 до 3000 нм и зависит от условий образования. Для получения огнеупорного пористого заполнителя использовался отработанный катализатор ИМ-2201 техногенного происхождения наноразмерностью от 100 до 200 нм [22, 23, 24, 25, 26].

Эффект от внедрения наноразмерных частиц принципиально выражается в том, что в системе появляется не только дополнительная граница раздела, но и носитель квантовомеханических проявлений [27]. Присутствие в системе наноразмерных частиц способствует увеличению объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими воды и уменьшению объема капиллярно связанной и свободной воды, что приводит к повышению пластичности керамической массы и прочностных показателей.

Если в используемых отходах наночастички содержатся даже в небольшом количестве, то энергию Гиббса можно записать в следующем виде:

$$G_i^{нк} = G_i^{мас} + \sigma_i f_i,$$

где:  $G_i^{нк}$  и  $G_i^{мас}$  – энергия Гиббса нанокристаллических и массивных фаз соответственно;  $\sigma_i$  и  $f_i$  – поверхностное натяжение и поверхность частиц  $i$ -й фазы соответственно.

Отсюда видно, что в системе появляется еще один независимый параметр – поверхность, а следовательно, появляется дополнительная степень свободы.

При уменьшении размера зерен увеличивается общая величина поверхности раздела фаз, уменьшается средний радиус кривизны выпуклых участков, растет их избыточная поверхностная энергия, уменьшаются расстояния между источниками и поглотителями вакансий в системе. Экспериментальные исследования и богатый практический опыт керамических производств подтверждают важнейшую роль степени измельчения (или использования наноразмерных сырьевых материалов). За счет действия одного этого фактора удается в ряде случаев снизить требуемую температуру спекания на 200 °С и более.

В качестве связующего использовались химические связующие. К химически связующим, применяемым в жаростойких бетонах, относятся жидкое стекло, силикат-глыба (прозрачный стекловидный сплав щелочных силикатов – полуфабрикат жидкого стекла) и фосфатные связки.

Фосфатные вяжущие, имеющие высокую прочность после твердения, способны увеличить прочность при нагревании. Они обладают высокой термостойкостью, и многие из них характеризуются высокой огнеупорностью (алюмофосфатные – 1750 °С, хромофосфатные – 2100 °С). Поэтому применение высокоглиноземистых отходов нефтехимии значительно повысит огнеупорность жаростойких бетонов. В качестве связующего использовалась ортофосфорная кислота  $H_3PO_4$  в чистом виде по ГОСТ 6552-80, норма – чистый (ч). Массовая доля ортофосфорной кислоты – не менее 85%, плотность – не менее 1,69 г/см<sup>3</sup>.

В *табл. 5* представлены составы для получения жаростойкого поризованного бетона, а в *табл. 6* – физико-механические показатели.

Процессы горения углерода способствуют образованию пористости [22].

На основе ортофосфорной кислоты и высокоглиноземистых отходов нефтехимии, как было указано в работе [1], получается ряд алюмофосфатных связок (АФС), которые, как правило, образуются по следующим реакциям:

Составы для получения поризованного бетона

Компонент	Содержание компонентов, мас. %			
	1	2	3	4
Ортофосфорная кислота	12	12	12	12
Отходы флотации углеобогащения ГОФ «Томусинская»	25	–	–	–
Шламы флотационного углеобогащения (угольные шламы ЦОФ «Обуховская»)	–	25	–	–
Отходы углеобогащения Абашевской ЦОФ	–	–	25	–
Отходы углеобогащения Коркинского разреза	–	–	–	25
Алюмощелочной шлам	63	63	63	63

Таблица 6

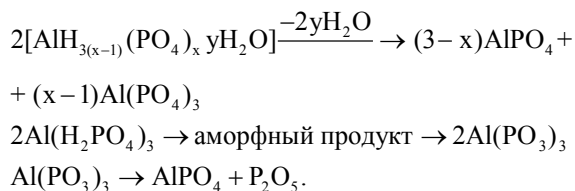
Физико-механические показатели керамических материалов (температура обжига – 1000-1050°C)

Показатель	Составы			
	1	2	3	4
Механическая прочность при сжатии, МПа	14,6	16,5	15,8	14,7
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	700	800	1000	900
Морозостойкость, %	25	27	29	28
Теплопроводность, Вт/(м·°C)	0,170	0,180	0,200	0,190
Огнеупорность, °C	1350	1400	1500	1450
Термостойкость, циклы (температура – 350-20 °C)	10	8	8	7

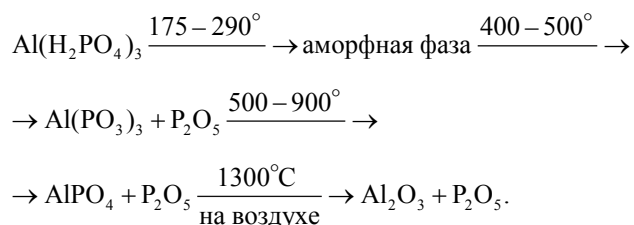
$Al(OH)_3 + 3H_3PO_4 = Al(H_2PO_4)_3 + 3H_2O$ , АФС (однозамещенный фосфат алюминия);

$Al(OH)_3 + 3H_3PO_4 = Al_2(HPO_4)_3 + 6H_2O$ , АФС (двухзамещенный фосфат алюминия).

Большинство кислых ортофосфатов алюминия при нагревании изменяются по следующей схеме:



Температуры фазовых изменений  $Al(H_2PO_4)_3$  могут быть следующими:



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическая значимость представленной работы состоит в разработке новых составов жаростойкого поризованного бетона с применением отходов флотационного обогащения антрацитов, высокоглиноземистых отходов нефтехимии и фосфатного связующего, твердеющего без применения термообработки, со средней плотностью 700, 800, 900, 1000 кг/м<sup>3</sup> и температурой применения 1350-1500 °C. Материал обладает высокими физико-механическими свойствами и жаростойкостью, может быть использован в футеровках тепловых агрегатов взамен штучных шамотных и корундовых легковесных огнеупоров, получаемых по обжиговой технологии, и высокотемпературных жаростойких бетонов на основе дефицитных технических компонентов: оксидов алюминия, хрома, магния.

## Список литературы

1. Абдрахимов В.З. Концепция современного естествознания. Самара: Самарский государственный экономический университет, 2015. 340 с.
2. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З., Кайракбаев А.К. Инновационные направления по использованию отходов топливно-энергетического комплекса в производстве теплоизоляционных материалов. Актобе: Казахско-Русский Международный университет, 2015. 276 с.
3. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Абдрахимова И.Д. Исследование теплопроводности легковесных материалов из отходов топливно-энергетической промышленности без применения природных традиционных материалов // Уголь. 2016. № 4. С. 72-75. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042016.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
4. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Экологические и практические аспекты использования шлака от сжигания угля в производстве керамических материалов на основе межсланцевой глины // Уголь. 2014. № 4. С. 41-43. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042014.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
5. Абдрахимова Е.С., Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З. Использование золошлакового материала в производстве теплоизоляционных материалов на основе межсланцевой глины // Уголь. 2016. № 10. С. 74-78. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102016.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
6. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Свойства конструкционно-изоляционных керамических материалов из смеси межсланцевой глины и отходов флотационного обогащения антрацитов // Химия твердого топлива. 2014. № 5. С. 30-34.
7. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Экологические, теоретические и практические аспекты использования шламов флотационного углеобогащения в производстве теплоизоляционных материалов // Кокс и химия. 2013. № 3. С. 39-44.
8. Инновационные разработки технологии направленной структурно-химической модификации футеровочных материалов на основе отходов цветной металлургии

и фосфатных связующих / И.Ю. Рошупкина, В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова и др. // Новые огнеупоры. 2015. № 7. С. 44-48.

9. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Исследование теплообменных процессов при обжиге теплоизоляционных изделий на основе горелых пород и бейделлитовой глины // Новые огнеупоры. 2011. № 4. С. 31-34.

10. Колпаков А.В., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Фазовый состав и структура пористости теплоизоляционного материала из отходов производств межсланцевой глины и нефтяного кека // Новые огнеупоры. 2012. № 9. С. 53-61.

11. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Исследование теплопроводности теплоизоляционных изделий на основе бейделлитовой глины и золошлакового материала // Новые огнеупоры. 2011. № 7. С. 50-52.

12. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Экологические, теоретические и практические аспекты использования шламов флотационного углеобогащения в производстве теплоизоляционных материалов // Кокс и химия. 2013. № 3. С. 39-44.

13. Абдрахимов В.З., Хлыстов А.И. Использование техногенных образований в производстве безобжиговых огнеупорных композитов // Новые огнеупоры. 2010. № 5. С. 53-59.

14. Абдрахимова Е.С., Хлыстов А.И., Абдрахимов В.З. Использование железосодержащих и высокоглинистых техногенных образований в производстве безобжиговых огнеупорных композитах // Строительный вестник Российской инженерной академии. 2010. Вып. 11. С. 108-115.

15. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Кинетика горения углерода в керамзите на основе монтмориллонитовой глины и отходов углеобогащения // Кокс и химия. 2011. № 11. С. 46-50.

16. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Влияние отходов углеобогащения на структуру пористости легковесного кирпича // Кокс и химия. 2011. № 7. С. 43-46.

17. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Влияние отходов углеобогащения на теплообменные процессы при обжиге легковесного кирпича // Кокс и химия. 2011. № 2. С. 41-44.

18. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Фазовый состав теплоизоляционных материалов, полученных из углеродосодержащих отходов // Химия твердого топлива. 2014. № 4. С. 52-58.

19. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Свойства конструкционно-изоляционных керамических материалов из смеси межсланцевой глины и отходов флотационного обогащения антрацитов // Химия твердого топлива. 2014. № 5. С. 30-34.

20. Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Исследование регрессивным методом зависимости отходов топливно-энергетической промышленности на сушильные свойства стеновой керамики // Экология промышленного производства. 2015. № 1. С. 6-10

21. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. К вопросу об экономической и экологической целесообразности использования отходов углеобогащения углистых аргиллитов в производстве теплоизоляционных материалов на основе межсланцевой глины // Экологические системы и приборы. 2014. № 1. С. 35-42.

22. Экологические, теоретические аспекты использования алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения без применения природного традиционного сырья / В.З. Абдрахимов, Г.Р. Хасаев, Е.С. Абдрахимова и др. // Экология и промышленность России. 2013. № 3. С. 28-30.

23. Абдрахимов В.З. Применение алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения // Новые огнеупоры. 2013. № 1. С. 13-23.

24. Абдрахимов В.З. Экологические и практические аспекты использования высокоглиноземистых отходов нефтехимии в производстве кислотоупоров // Новые огнеупоры. 2010. № 1. С. 40-44.

25. Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Исследование влияния  $Al_2O_3$  на кислотостойкость и термостойкость кислотоупоров с применением регрессионного метода анализа // Новые огнеупоры. 2015. № 5. С. 58-62.

26. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Исследование фазового состава керамических материалов на основе алюмосодержащих отходов цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности // Новые огнеупоры. 2015. № 1. С. 3-9.

27. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. К вопросу использования алюмосодержащего нанотехногенного сырья в производстве керамических композиционных материалов // Материаловедение. 2014. № 12. С. 44-52.

## RESOURCES

UDC 691.424.002.3:622.7.004.8 © E.S. Abdrakhimova, 2018  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 48-53

## Title

**HEAT RESISTANT AERATED CONCRETE BASED ON WASTE COAL PREPARATION, CHEMISTRY AND PHOSPHATE BINDERS**

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-48-53>

## Author

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

<sup>1</sup> Samara National Research University, Samara, 443086, Russian Federation

## Authors' Information

Abdrakhimova E.S., PhD (Engineering), Associate Professor at the Department of "Chemistry", tel.: +7 (906) 127-09-44, e-mail: 3375892@mail.ru

## Abstract

The paper shows that the waste coal with a high calorific value, is useful not only as fillers but also as a burnable additives to porous concrete. The use of sludge flotation coal and alumina waste chemistry using chemical

binders – phosphoric acid without the use of traditional natural materials allows to obtain a heat-resistant porous concrete with an average density of 700, 800, 900, 1000 kg/m<sup>3</sup> and a temperature of 1350-1500 °C. This material has a high physico-mechanical properties and heat resistance, can be used in linings of thermal units instead of a) piece-corundum chamotte lightweight refractories obtained by roasting technologies, and b) high temperature heat-resistant concretes on the basis of scarce technical components: oxides of aluminium, chromium, magnesium.

**Keywords**

Heat-resistant concrete, Sludge coal, Phosphate binders, High-alumina waste chemicals, Lining of thermal aggregates.

**References**

1. Abdrakhimov V.Z. *Kontseptsiya sovremennogo estestvoznaniya* [Modern natural science concept] Samara, Samara State University of Economics Publ., 2015, 340 p.
2. Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. & Kairakbaev A.K. *Innovatsionnye napravleniya po ispol'zovaniyu othodov toplivno-ehnergeticheskogo kompleksa v proizvodstve teploizolyatsionnykh materialov* [Innovative trends of fuel-energy complex wastes application in thermal insulation materials production]. Aqtobe, Kazakh-Russian International University Publ., 2015, 276 p.
3. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. & Abdrakhimova I.D. *Issledovanie teploprovodnosti legkovesnykh materialov iz othodov toplivno-ehnergeticheskoy promyshlennosti bez primeneniya prirodnykh traditsionnykh materialov* [Investigation of thermal conductivity of lightweight materials from energy industry wastes without the use of natural traditional materials]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2016, No. 4, pp. 72-75. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042016.pdf> (accessed 15.10.2018).
4. Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Ekologicheskie i prakticheskie aspekty ispol'zovaniya shlaka ot zshiganiya uglya v proizvodstve keramicheskikh materialov na osnove mezhslyantsevoy gliny* [Ecological and practical aspects of coal slag use in production of interschistic clay-based ceramics]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2014, No. 4, pp. 41-43. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042014.pdf> (accessed 15.10.2018).
5. Abdrakhimova E.S., Kairakbaev A.K. & Abdrakhimov V.Z. *Ispol'zovanie zoloshlakovogo materiala v proizvodstve teploizolyatsionnykh materialov na osnove mezhslyantsevoy gliny* [Bottom-ash material application in interschistic clay-based thermal insulation materials production]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2016, No. 10, pp. 74-78. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102016.pdf> (accessed 15.10.2018).
6. Abdrakhimova E.S. & Abdrakhimov V.Z. *Svoystva konstruktsionno-izolyatsionnykh keramicheskikh materialov iz smesi mezhslyantsevoy gliny i othodov flotatsionnogo obogashcheniya antratsitov* [Properties of construction-insulation ceramic materials, produced from interschistic clay mix and anthracite flotation concentration tailings]. *Himiya tverdogo topliva – Solid Fuel Chemistry*, 2014, No. 5, pp. 30-34.
7. Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Ekologicheskiye, teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty ispol'zovaniya shlamov flotatsionnogo ugleobogashcheniya v proizvodstve teploizolyatsionnykh materialov* [Environmental, theoretical and practical aspects of use of the coal flotation beneficiation sludge in the production of heat insulating materials]. *Koks i khimiya – Coke and Chemistry*, 2013, No. 3, pp. 39-44.
8. Roshchupkina I.Yu., Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. et al. *Innovatsionnye razrabotki tekhnologii napravlennoy strukturno-khimicheskoy modifikatsii futerovochnykh materialov na osnove otkhodov tsvetnoy metallurgii i fosfatnykh svyazuyushchikh* [Innovative developments of technology of the directed structural and chemical modification of lining materials based on non-ferrous metallurgy waste and phosphate binders]. *Novyye ognepury – New castables*, 2015, No. 7, pp. 44-48.
9. Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Issledovaniye teplomassobmennykh protsessov pri obzhige teploizolyatsionnykh izdeliy na osnove gorelykh porod i beydellitovoy gliny* [Study of heat and mass transfer processes during firing of heat-insulating products based on burnt rocks and beidellite clay]. *Novyye ognepury – New castables*, 2011, No 4, pp. 31-34.
10. Kolpakov A.V., Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Fazovyy sostav i struktura poristosti teploizolyatsionnogo materiala iz otkhodov proizvodstva mezhslyantsevoy gliny i nefryanogo keka* [Phase composition and structure of porosity of heat-insulating material from intertracial clay and oil cake production waste]. *Novyye ognepury – New castables*, 2012, No. 9, pp. 53-61.
11. Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Issledovaniye teploprovodnosti teploizolyatsionnykh izdeliy na osnove beydellitovoy gliny i zoloshlakovogo materiala* [Study of heat-insulating products heat transfer based on beidellite clay and ash material]. *Novyye ognepury – New castables*, 2011, No. 7, pp. 50-52.
12. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *Ekologicheskiye, teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty ispol'zovaniya shlamov flotatsionnogo ugleobogashcheniya v proizvodstve teploizolyatsionnykh materialov* [Environmental, theoretical and practical aspects of use of the coal flotation beneficiation sludge in the production of heat insulating materials]. *Koks i khimiya – Coke and Chemistry*, 2013, No. 3, pp. 39-44.
13. Abdrakhimov V.Z. *Ispol'zovaniye tekhnogennykh obrazovaniy v proizvodstve bezobzhigovykh ognepurnykh kompozitov* [Use of technogenic formations in production of unfired refractory composites]. *Novyye ognepury – New castables*, 2010, No. 5, pp. 53-59.
14. Abdrakhimov E.S., Khlystov A.I. & Abdrakhimov V.Z. *Ispol'zovaniye zhelezosoderzhashchikh i vysokoglinistykh tekhnogennykh obrazovaniy v proizvodstve bezobzhigovykh ognepurnykh kompozitakh* [Use of iron-containing and high-clay technogenic formations in production of unfired refractory composites]. *Stroitel'nyy vestnik Rossiyskoy inzhenernoy akademii – Building Bulletin of the Russian Academy of Engineering*, 2010, Issue 11, pp. 108-115.
15. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *Kinetika goreniya ugleroda v keramzite na osnove montmorillonitovoy gliny i otkhodov ugleobogashcheniya* [Kinetics of carbon burning in expanded clay on the basis of montmorillonite clay and coal beneficiation waste]. *Koks i khimiya – Coke and Chemistry*, 2011, No. 11, pp. 46-50.
16. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *Vliyaniye otkhodov ugleobogashcheniya na strukturu poristosti legkovesnogo kirpicha* [Effect of coal beneficiation waste on the lightweight brick porosity structure]. *Koks i khimiya – Coke and Chemistry*, 2011, No. 7, pp. 43-46.
17. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *Vliyaniye otkhodov ugleobogashcheniya na teplomassobmennyye protsessy pri obzhige legkovesnogo kirpicha* [Effect of coal beneficiation waste on heat and mass transfer processes during the firing of lightweight bricks]. *Koks i khimiya – Coke and Chemistry*, 2011, No. 2, pp. 41-44.
18. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *Fazovyy sostav teploizolyatsionnykh materialov, poluchennykh iz uglerodosoderzhashchikh otkhodov* [Phase composition of heat insulating materials derived from carbonaceous waste]. *Himiya tverdogo topliva – Solid Fuel Chemistry*, 2014, No 4, pp. 52-58.
19. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *Svoystva konstruktsionno-izolyatsionnykh keramicheskikh materialov iz smesi mezhslyantsevoy gliny i otkhodov flotatsionnogo obogashcheniya antratsitov* [Properties of structural and insulating ceramic materials made of a mixture of intertracial clay and anthracite flotation concentration waste]. *Himiya tverdogo topliva – Solid Fuel Chemistry*, 2014, No. 5, pp. 30-34.
20. Kairakbaev A.K., Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Issledovaniye regressivnym metodom zavisimosti othodov toplivno-ehnergeticheskoy promyshlennosti na sushil'nye svoystva stenovoy keramiki* [Fuel-energy industry wastes influence on the wall tiles drying properties investigation by regression method]. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva – Commercial Production Ecology*, 2015, No. 1, pp. 6-10.
21. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *K voprosu ob ekonomicheskoy i ekologicheskoy tselesoobraznosti ispol'zovaniya otkhodov ugleobogashcheniya uglistykh argillitov v proizvodstve teploizolyatsionnykh materialov na osnove mezhslyantsevoy gliny* [Study of the economic and environmental feasibility of the carbonaceous mudstone coal beneficiation waste use in production of heat insulation materials based on intertracial clay]. *Ekologicheskiye sistemy i pribory – Ecological Systems and Devices*, 2014, No. 1, pp. 35-42.
22. Abdrakhimov V.Z., Khasaev G.R., Abdrakhimova E.S. et al. *Ekologicheskiye, teoreticheskiye aspekty ispol'zovaniya alyumosoderzhashchikh otkhodov v proizvodstve keramicheskikh materialov razlichnogo naznacheniya bez primeneniya prirodnogo traditsionnogo syr'ya* [Environmental, theoretical aspects of aluminum-containing waste use in production of ceramic materials for various purposes without the use of natural traditional raw materials]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii – Ecology and Industry of Russia*, 2013, No. 3, pp. 28-30.
23. Abdrakhimov V.Z. *Primeneniye alyumosoderzhashchikh otkhodov v proizvodstve keramicheskikh materialov razlichnogo naznacheniya* [Use of aluminum-containing waste in production of ceramic materials for various purposes]. *Novyye ognepury – New castables*, 2013, No. 1, pp. 13-23.
24. Abdrakhimov V.Z. *Ekologicheskiye i prakticheskiye aspekty ispol'zovaniya vysokoglinozemistykh otkhodov neftekhimii v proizvodstve kislotouporov* [Environmental and practical aspects use of high-alumina petrochemical waste use in production of acid-resistant materials]. *Novyye ognepury – New castables*, 2010, No. 1, pp. 40-44.
25. Kairakbaev A.K., Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Issledovaniye vliyaniya  $Al_2O_3$  na kislotostoykost' i termostoykost' kislotouporov s primeneniyem regressionnogo metoda analiza* [Study of the effect of  $Al_2O_3$  on acid resistance and heat resistance of acid-resistant materials using of the regression analysis method]. *Novyye ognepury – New castables*, 2015, No. 5, pp. 58-62.
26. Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimova E.S. *Issledovaniye fazovogo sostava keramicheskikh materialov na osnove alyumosoderzhashchikh otkhodov tsvetnoy metallurgii, khimicheskoy i neftekhimicheskoy promyshlennosti* [Study of the phase composition of ceramic materials based on aluminum-containing waste from non-ferrous metallurgy, chemical and petrochemical industries]. *Novyye ognepury – New castables*, 2015, No. 1, pp. 3-98.
27. Abdrakhimov E.S. & Abdrakhimov V.Z. *K voprosu ispol'zovaniya alyumosoderzhashchego nanotekhnogennogo syr'ya v proizvodstve keramicheskikh kompozitsionnykh materialov* [Study of aluminum-containing nanotechnogenic raw materials use in production of ceramic composite materials]. *Materialovedeniye – Material Science*, 2014, No.12, pp. 44-52.

# Оценка транспортно-транзитного потенциала железнодорожной инфраструктуры в зоне экономического развития Южной Якутии\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-54-60>

## ЕГОРОВА Татьяна Поликарповна

Канд. экон. наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории  
экономики народонаселения и демографии  
НИИРЭС СВФУ имени М.К. Аммосова,  
677000, г. Якутск, Россия,  
e-mail: [tp.egorova@s-vfu.ru](mailto:tp.egorova@s-vfu.ru)

## ДЕЛАХОВА Анна Михайловна

Старший научный сотрудник  
лаборатории проблем управления  
региональной экономикой  
НИИРЭС СВФУ имени М.К. Аммосова,  
677000, г. Якутск, Россия,  
e-mail: [am.delakhova@s-vfu.ru](mailto:am.delakhova@s-vfu.ru)

*В статье приводится оценка транзитного потенциала железнодорожной линии в Южной Якутии, располагающей крупными месторождениями коксующихся углей. Проведено моделирование уровня грузовой активности Южной Якутии, на территории которой запланирован ввод ряда инвестиционных проектов, связанных с реализацией «Стратегии развития производительных сил Республики Саха (Якутия) – 2030». На основе сопоставления прогнозных оценок по добыче угля, оказывающих наибольший рост грузопотоков, и уровня пропускной способности железнодорожной магистрали Беркамит – Томмот обоснована необходимость проведения комплексных решений по развитию транспортной инфраструктуры. Моделирование объемов добычи и вывоза ресурсов, бесперебойной доставки грузов разного назначения, пассажирских перевозок является основой составления прогнозных план-графиков движения поездов, расчета потребностей в грузовых вагонах, локомотивного парка и т.д.*

**Ключевые слова:** транзитный потенциал, Южная Якутия, пропускная способность, Нерюнгринский угольный разрез, транспортная инфраструктура.

## ВВЕДЕНИЕ

Южная Якутия – один из крупнейших сырьевых районов Республики Саха (Якутия), где размещены крупные месторождения коксующихся и энергетически углей, золота, железных руд, апатитов, графита и ряда других. Выгодное географическое положение среди других районов республики, наличие железной дороги Беркамит – Томмот – Якутск с выходом на Байкало-Амурскую и Транссибирскую магистрали дает возможности для реализации инвестиционных проектов, связанных со «Стратегией социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года с определением целевого видения до 2050 года» [1] (далее «Стратегия 2030»). Железнодорожная магистраль Беркамит – Томмот – Якутск близка к завершению. Она становится основой обеспечения так называемого «северного завоза» грузов в Республику Саха (Якутия).

Угольный бассейн в Южной Якутии расположен на площади около 25 тыс. км<sup>2</sup> и представлен четырьмя угленосными районами, активная разработка ведется в Алдано-Чульманском районе на Нерюнгринском, Эльгинском, Денисовском, Чульмаканском, Кабактинском месторождениях. Освоение Нерюнгринского месторождения коксующихся углей, обладающих высокими качественными характеристиками, было начато в 1980-х гг. Вместе со строительством угольного разреза построены обогатительная фабрика, ГРЭС, создана строительная и ремонтная базы. В настоящее время начата реализация масштабных проектов горнообогатительных комплексов – Денисовского и Инаглинского, формирующих грузопоток с углем, следующий железнодорожным транспортом за пределы республики и на экспорт. Наличие разнообразных природных ресурсов: железорудных и марганцевых месторождений, известняка, апатитов, графита, слюды, урана и других, расположенных в непосредственной близости к магистрали, дает возможность началу их освоения. Учитывая, что участок железнодорожной линии Беркамит – Томмот был построен в 1992 г., в сложных условиях финансового кризиса, появилась необходимость оценки транспортно-

\* Статья подготовлена в рамках выполнения проекта по государственному заданию Министерства образования и науки Российской Федерации (Проект «Развитие теории и методологии пространственной организации социально-экономических систем северного региона» № 26.8327.2017/8.9).



транзитного потенциала железнодорожной инфраструктуры Южной Якутии на участке Беркакит – Томмот на основе сопоставления технических характеристик линии с прогнозными оценками уровня грузовой активности региона, связанных с реализацией «Стратегии 2030». Объектом исследования является железнодорожная инфраструктура Республики Саха (Якутия). Предметом исследования – процессы формирования, оценки, прогнозирования и эффективного использования транспортно-транзитного потенциала, интенсификации эксплуатации и развития железнодорожного транспорта Республики Саха (Якутия).

В соответствии с заданной целью были определены задачи:

- оценка современного состояния транспортной инфраструктуры в Южной Якутии;
- определение направлений развития экономики Республики Саха (Якутия);
- установление очередности ввода мощностей с определением объемных показателей отгружаемой продукции;
- оценка соответствия транспортной инфраструктуры в Южной Якутии уровню концентрации перспективных грузовых потоков.

Методы сбора первичной информации основаны на статистических данных, открытых данных крупных хозяйствующих субъектов, транспортных компаний, отчетах органов государственной власти РС (Я), размещенных в открытом доступе, результатах научных исследований ведущих научных центров по предмету исследования, нормативно-правовой базе, иных источниках информации.

Теоретической и методологической базой исследования стали работы отечественных и зарубежных исследователей в области транспорта. В частности, исследования по развитию транспортного и транзитного потенциала Республики Казахстан [2, 3, 4]. Формирование транзитной политики, основанной на совершенствовании существующих направлений и освоении новых векторов развития, позволяет Республике Казахстан динамично развиваться, учитывая национальные интересы и расширяя экономические и политические преимущества. Анализ развития и использования железнодорожного транзита в зоне экономического и технологического развития Циндао (Китай) свидетельствует, что сочетание железнодорожного транзита с развитием коммерческого пространства способствует экономическому развитию города и усиливает роль железных дорог [5]. Различные вариации развития технических станций в ситуации значительного приращения объемных показателей транзита можно проводить, используя методы управления адаптациями сложных систем [6].

Вопросы развития Восточного полигона магистральной железнодорожной сети отражены в исследованиях научных институтов Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), где сформулированы актуальные методологические проблемы обоснования крупных инвестиционных решений [7, 8, 9], выявлены проблемы научного обеспечения интенсификации провозной и пропускной способности железных дорог [10, 11]. Отмечается, что «Стратегией развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года» предполагается увеличение грузопотока через Байкало-Амурскую магистраль до 105,5 млн т в год против 22 млн т в настоящее время [12].

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)**

Строительство железнодорожной магистрали Беркакит – Томмот – Якутск начато в 1985 г., в настоящее время дорога представлена участками Беркакит – Томмот в постоянной эксплуатации и Томмот – Нижний Бестях, находящемся во временной эксплуатации.

Находящийся в Южной Якутии участок однопутной железнодорожной линии общей протяженностью 524,6 км представлен двумя эксплуатантами железнодорожных инфраструктур: ОАО «РЖД» (Беркакит – Нагорный) и Акционерным обществом «Акционерная компания «Железные дороги Якутии» (АО АК «ЖДЯ») (Беркакит – Томмот). Используемый тип тяги на данном участке – тепловозная. Инфраструктурные объекты на участке железнодорожной магистрали Беркакит – Томмот, эксплуатируемом АО АК «ЖДЯ», включают однопутный главный путь с 13 перегонами, 14 отдельными пунктами, двумя грузовыми дворами, системой связи, железнодорожными вокзалами в Томмоте и Алдане. К железнодорожной станции Алдан примыкают 18 подъездных путей, обслуживая предприятия республики. В городах Нерюнгри, Алдане, Томмоте расположены перевалочные базы. В собственности компании АО АК «ЖДЯ» парк магистральных и маневровых тепловозов, локомотивное депо на станции Алдан. От станций Томмот и Алдан курсируют пассажирские поезда до Нерюнгри, далее до городов Тынды, Благовещенск, Хабаровск, Москва и др.

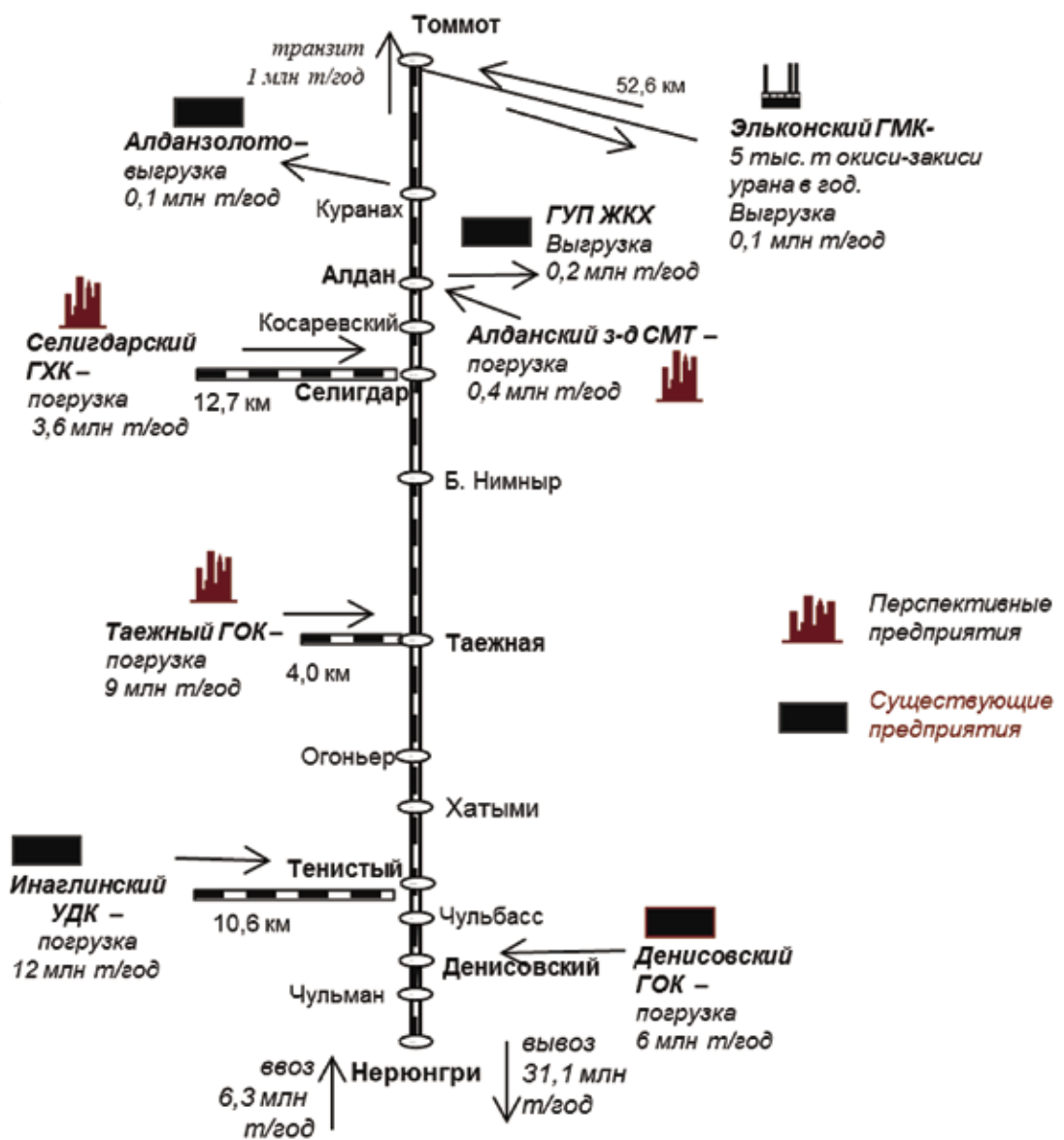
Участок однопутной линии железной дороги Беркакит – разъезд Якутский протяженностью около 114 км (Тындинское отделение ДВЖД) был сооружен в 1979 г., включает дистанцию пути, контейнерную площадку, приемосдаточные пути (два), где происходит передача вагонов. Ежедневно передается порядка 150-200 вагонов. В Нерюнгри действуют грузовая и пассажирская станции, на станции Беркакит функционирует контейнерная площадка ДВЖД. В настоящее время станция Нерюнгри-грузовая ограничена количеством и размерами приемосдаточных путей, имеет лишь небольшой резерв пропускной способности.

Железнодорожная линия Беркакит – Томмот, построенная в 1992 г., в условиях финансового кризиса, в настоящее время требует реконструкции и усиления пути на проблемных участках (Чульман и Денисовский). На сегодняшний день АО АК «ЖДЯ» проведены проектные и подготовительные работы, положено начало строительству: выполнены работы по замене рельсов типа Р-50 на более тяжелые Р-65, заменено порядка 500 негодных шпал, усилены эпюры рельсошпальной решетки, проведены работы по подсыпке земполотна в объеме более 9 тыс. куб. м, замене стрелочных переводов, ведется модернизация систем связи и т.д.

## **ПРОГНОЗНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ УРОВНЯ ГРУЗОВОЙ АКТИВНОСТИ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Зона тяготения железнодорожной линии Беркакит – Томмот – Якутск располагает значительным природно-ресурсным потенциалом. Наличие круглогодичного транспортного сообщения создает условия для развития но-

Рис. 1. Перспективная схема расположения подъездных путей и формирования грузопотоков в Южной Якутии РС (Я)



вых отраслей экономики. «Стратегия РС (Я) 2030 г.» дает основание для расчета прогнозных объемов грузопотока и оценки транспортно-транзитного потенциала Южной Якутии РС (Я).

В первую очередь это добыча и разработка перерабатывающих производств: Инаглинского угольно-добывающего комплекса (УДК), Таежнинского горно-обогатительного комбината (ГОК), Селигдарского горно-химического комбината (ГХК), Эльконского горно-металлургического комбината (ГМК), Канкунской ГЭС, Алданского завода синтетических моторных топлив (СМТ), а также Эльгинского угольного комплекса и других месторождений. Наряду с отмеченными отраслями ускоренное развитие на юге республики получат машиностроение и металлообработка, черная металлургия, а также строительный комплекс, пищевая промышленность.

В перспективе доминирование добывающих отраслей сохранится, но высокие темпы роста обрабатывающих производств, несомненно, будут оказывать воздействие увеличением транспортировки грузов строительного и материально-технического назначения. Активизация экономики в регионе повлечет возрастание части

перевозок пассажиров и потребительских товаров. Переориентация грузоотправителей с речного транспорта на железную дорогу сделает железнодорожную магистраль Беркамит – Томмот – Якутск инфраструктурным гарантом реализации проектов.

Согласно «Стратегии РС (Я) 2030» в Южной Якутии предусмотрено развертывание стратегических проектов, что вызывает необходимость строительства подъездных путей к разрабатываемым месторождениям (рис. 1).

В последующем, до 2050 г., предусматриваются строительство железнодорожной линии «Нижний Бестях – Мома – Магадан», ряд проектов по развитию транспортной инфраструктуры Республики Саха (Якутия): реконструкция аэропортов, строительство автодорог и т.д. На объем перевозок доминирующее воздействие будут оказывать темпы развития угледобывающих комплексов Южной Якутии. Исходя из планов реализации производственных проектов, следует, что наиболее напряженными будут участки железнодорожной инфраструктуры Алдан – Нерюнгри – Тында. В силу расположения Эльгинского и Тарыннахского месторождений за пределами конфигурации основной транспортной сети данные объекты суще-

План-график ввода грузообразующих объектов Южной Якутии, млн т

Предприятия	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2025 г.	2030 г.
Инаглинский ГОК	2	4,5	4,5	8	12	12	12	12	12
Денисовский ГОК	3	4,5	5	6	6	6	6	6	6
Таежинский ГОК	–	–	–	–	–	–	–	9	9
Селигдарский ГХК	–	–	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Эльконский ГМК	–	–	–	–	–	–	–	0,01	0,01
Алданский завод СМТ	–	–	–	–	–	–	–	0,4	0,4
Тарыннахский ГОК	–	–	–	–	–	–	–	8,5	8,5
Эльгинский ГОК	9	12	18	19	21	23	25	29	29
Итого по Южной Якутии	14	21	31,1	36,6	42,6	44,6	46,6	68,5	68,51
Всего дополнительные объемы на железнодорожном отрезке Беркакит – Томмот	5	9	13,1	17,6	21,6	21,6	21,6	39,51	31,01



ям. Прогнозные значения объемов грузооборота по инвестиционным проектам дают основание для расчета прогноза показателей погрузки-выгрузки, результаты которого показывают, что наибольший пик ожидается в погрузке к 2025 г. – до 31,28 млн т, а по выгрузке к 2021 г. – до 7,9 млн т. До этого момента, уже с 2019 г., начнутся заметные сдвиги в балансе «ввоз – вывоз» (рис. 2).

Прогнозируется значительный рост объемных показателей погрузочной работы в разрезе станций Косаревский, Таежная, Чульбасс [13, 14]. Прирост объемных

степенных нагрузок на транспортную инфраструктуру Южной Якутии не несут.

Учитывая этапы ввода мощностей объектов «Стратегии РС (Я) 2030», составлен план-график ввода грузообразующих объектов Южной Якутии (табл. 1).

Согласно «Стратегии РС (Я) 2030» прогнозируется относительно равномерный рост объемов перевозок проектов, где значительный прирост ожидается в 2025 г.

В целом, за рассматриваемый период 2018-2025 гг. прогнозируется ежегодный прирост объемов в 1,2-2,1 раза. С учетом перевозки возможных объемов строительных материалов, продовольствия, топлива на участке Томмот – Нерюнгри совокупный объем перевозок может возрасти от 22,1 (2020 г.) до 37,3 млн т (2025 г.).

Прогнозное моделирование работы станций примыкания и линейных участков в перспективе до 2030 г. дает основание для расчета плановых графиков движения грузовых и пассажирских поездов, расчетных значений потребности в локомотивном парке, локомотивных бригадах, расчета пропускной способности станций и отдельных пунктов и т.д.

### ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Проекты по вводу в эксплуатацию участка Томмот – Н. Бестях (Якутск), строительству мостового перехода через реку Лена окажут наибольшее воздействие на увеличение объемов перевозок по данным направлению

показателей по выгрузке относительно равномерен. Прогнозные объемы станции Якутск ориентировочно составляют по выгрузке до 1 млн т. На основе данного прогноза проведен расчет пропускной и перерабатывающей способности станций для оценки соответствия путевого развития. Предварительные расчеты показывают, что значительно повышается среднесуточный объем приемо-сдаточных операций на стыковой станции Нерюнгри-грузовая – до 1300 вагонов в 2025 г. (рост в восемь раз).

Моделирование работы станций и участков железнодорожной инфраструктуры Томмот – Нерюнгри с учетом этапности ввода проектов в 2020 и 2025 гг. показывает, что уже к 2020 г. пропускная способность объектов инфраструктуры в существующем техническом исполнении для перевозки предстоящих объемов грузов будет недостаточна (табл. 2).

Железнодорожная магистраль Беркакит – Томмот – Якутск строилась по нормам третьей категории, предусматривающей максимальную годовую грузонапряженность в размере не более 10 млн т-км/км, с вводом объектов расчетная грузонапряженность на участке Томмот – Нерюнгри достигает максимального показателя 15,7 млн т-км/год (рис. 3).

Уже в настоящее время стоит обратить внимание на участок железнодорожной линии Беркакит – разъезд Якутский (ДВЖД), который уже в 2019 г. может достичь предела пропускной способности. Выполненный в однопутном исполнении, участок не имеет резервов повышения.

Расчет перспективного грузооборота железнодорожной линии Нерюнгри – Томмот, млн т·км

Предприятия	Станция примыкания	Расстояние от станции Беркамит, км			Годы				
		Расстояние до станции	Подъездной путь	Всего	2018	2020	2022	2025	2030
Вывоз, в том числе:									
– Инаглинский ГОК	Чульбасс	54	нет	54	243	432	648	648	648
– Денисовский ГОК	Денисовский	29	нет	29	130,5	174	174	174	174
– Таежнинский ГОК	Таежный	158	4	162	–	–	–	1458	1458
– Селигдарский ГХК	Косаревский	279	13	292	–	1051	1051	1051	1051
– Эльконский ГМК	Томмот	377	53	430	–	–	–	4,3	4,3
– Алданский завод СМТ	Алдан	296	0	296	–	–	–	118,4	118,4
Ввоз		368	-	368	593,7	1649	2722	2318	2318
Всего грузооборот, млн т					967,2	3306	4595	5772	5772
Грузонапряженность, млн т·км в год					2,6	9,0	12,5	15,7	15,7



Рис. 3. Расчет грузонапряженности железнодорожного пути, млн т·км/км

С Чульмаканского и Денисовского месторождений объемы поставок планируются также в направлении морских портов в размере 13 млн т к 2019 г. Вывезти такие объемы будет невозможно без развития однопутной линии Беркамит – разъезд Якутский, который сегодня максимально рассчитан на пропуск 14 пар поездов. При планируемом увеличении объема перевозок необходимо будет пропустить дополнительно восемь пар поездов, но уже в 2019 г. возникнет дефицит провозной способности данного участка.

Среднесуточная выгрузка на Дальневосточной железной дороге за последние десять лет возросла в 1,5 раза; средний вес грузового поезда за последние 30 лет увеличился на 35%; в девять раз увеличилась передача экспортных грузов через пограничные переходы [13].

«Транспортной Стратегией РФ 2030» предполагается специализация Байкало-Амурской магистрали для пропуска тяжеловесных поездов: объем перевозок возрастет до 30-50 млн т в год; среднесуточный пропуск вагонов через станцию Тында возрастет втрое [15]. Модернизация железнодорожной магистрали, в частности по повышению пропускной способности линии Нерюнгри – Бестужево, предусматривает удлинение приемоотправочных путей на восьми станциях, укладку дополнительных путей на двух станциях, реконструкцию узловых станций

Беркамит, строительство дополнительного разъезда Холодникан и второго пути на перегоне Аям–Золотинка. На некоторых участках необходимо проводить подсыпку насыпей, где происходят дефекты земляного полотна (просадки) из-за оттаивания вечной мерзлоты, требуется модернизация систем энергообеспечения, централизации связи, устройств сигнализации и т.д. В путевом развитии разъездов будут применены бесстыковые пути, системы пневмообдува стрелочных переводов сжатым воздухом, железобетонное основание рельсошпальных решеток. Варианты модернизации линии Беркамит – Бестужево, подготовленные Дальневосточной железной дорогой, позволят увеличить пропускную способность линии до 18 пар поездов, а провозную, с использованием инновационных вагонов, – до 25 млн т в год [16].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ состояния транспортной инфраструктуры Южной Якутии показывает, что существуют диспропорции: между ростом грузонапряженности и техническим состоянием линий, станций, в частности, на подходах к внешней транспортной сети; между современными возможностями подвижного состава и техническим состоянием инфраструктурных объектов; между заданной категорией железнодорожной сети и эксплуатируемым пар-

ком (увеличение нагрузки на ось). Отставание в развитии транспортной инфраструктуры становится одним из факторов, замедляющих развитие производительных сил Южной Якутии.

Результаты исследования показывают, что современное состояние транспортной системы Южной Якутии способно значительно тормозить активное развитие экономики региона. Транспорт, являясь одним из основных факторов развития экономики, из-за целого комплекса проблем становится фактически сдерживающим сектором развития отраслей экономики. Устранение имеющихся диспропорций требует разработки не только среднесрочных стратегий, но и в долгосрочном временном горизонте. Среди мероприятий, позволяющих повысить пропускную способность линии, можно выделить следующие:

- увеличение веса и длины поездов (требует усиления пути, удлинения путей отдельных пунктов);
- повышение мощности локомотивной тяги (модернизация парка, увеличение количества секций);
- повышение скорости движения поездов (требует модернизации диспетчерской связи, централизации стрелочных переводов, увеличения количества отдельных пунктов дополнительно не менее 10);
- путевое развитие (строительство подъездных, приемо-сдаточных путей, дополнительных отдельных пунктов, реконструкция отдельных участков и т.д.).

Основной объем капитальных вложений при инфраструктурном развитии отрасли должен быть направлен на приобретение дополнительных мощностей, а именно:

- инфраструктурные объекты – подъездные, приемо-сдаточные пути, разъезды;
- подвижной состав – локомотивный парк магистральных, маневровых тепловозов, вагонный парк, путевая техника, спецавтотранспорт и другое;
- обслуживающая инфраструктура – расширение поездной диспетчерской связи, электрическая централизация дополнительных стрелок подъездных путей.

Формирование инвестиционных механизмов имеет неоспоримое значение при долгосрочных программах инфраструктурного развития железнодорожной отрасли.

Выполнение программных мероприятий по усилению и развитию железнодорожной инфраструктуры на участке Нерюнгри – Томмот позволяет улучшить качественные показатели работы компании, сократить расходы на ремонт, снизить транспортные издержки, что, в конечном итоге, создаст условия для развития экономики региона. Формирование устойчивой динамично развивающейся транспортной системы является необходимым условием для развития экономики, реализации инвестиционных проектов по добыче угля, а также повышения уровня жизни населения. Отставание уровня развития транспортной системы является одним из основных факторов, сдерживающих развитие производительных сил Южной Якутии.

### Список литературы

1. Key development factors of the transit and transport potential of Kazakhstan / S. Abdullayev, O. Kiseleva, N. Adilova, G. Bakyt, L. Vakhitova // *Transport Problems*. 2016. Vol. 11. Pp. 17-26.

2. Dai P., Yue Y. The analysis of development and utilization along the rail transit in Qingdao economic and technological development zone // *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 204-208. Pp. 1777-1781.

3. Raimbekov Z., Syzdykbayeva B., Sharipbekova K. Economic aspects of freight transportation along the east-west routes through the transport and logistics system of Kazakhstan // *Studies in Systems, Decision and Control*. 2018. Vol. 155. Pp. 205-230.

4. Tsvetkov V., Zoidov K., Medkov A. The implementation of transportation and transit projects on the basis of public-private partnership in Russia // *Economy of Region*. 2016. Vol. 12. Pp. 977-988.

5. Particularities of formation of transport-transit cargo-traffic in the Republic of Kazakhstan / Z. Erniyazova, L. Kazbekova, A. Mukhanova, K. Utegenova, Z. Smagulova // *Life Science Journal*. 2014. Vol. 11. SPEC. N 2. Pp. 121-124.

6. Осьминин А.Т. О научно-практических проблемах повышения пропускных и провозных способностей линий // *Бюллетень ОУС ОАО «РЖД»*. 2018. № 1. С. 37-48.

7. Пехтерев Ф.С. Прогнозирование объемов грузовых перевозок на среднесрочную и долгосрочную перспективу // *Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»*. 2012. № 3. С. 26–31.

8. Пехтерев Ф.С. Формирование грузовой базы железнодорожного транспорта с учетом откорректированных Минэкономразвития России показателей развития экономики и промышленного производства // *Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»*. 2014. № 3. С. 12–22.

9. Шарапов С.Н., Лялько М.В. Классификация и специализация железнодорожных линий – основа оптимизации эксплуатационных расходов // *Железнодорожный транспорт*. 2016. № 7. С. 50-60.

10. Бородин А.Ф., Сторчак М.В. Научная оценка перспектив модернизации Восточного полигона сети Российских железных дорог // *Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»*. 2017. № 2. С. 65-73.

11. Замковой А.А. О повышении качества прогнозирования объемов грузовых перевозок // *Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»*. 2012. № 4. С. 25–31.

12. Исследование возможностей развития железнодорожных станций Северного широтного хода восточного полигона БАМа в связи с планируемым увеличением объемов перевозок / М.В. Нечипорук, Е.И. Гарлицкий, Е.Э. Червотенко, А.Р. Калинина // *Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД*. 2013. № 3. С. 46-55.

13. Стратегия социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года с определением целевого видения до 2050 года. Якутск, 2016. [Электронный ресурс портала Стратегия РФ]. URL: <https://strategyrf.ru/14/documents> (дата обращения: 15.10.2018).

14. Хафизов И.В. Компания «Якутуголь»: Настоящее и будущее // *Уголь*. 2017. № 8. С. 78-79. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082017.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

15. Пехтерев Ф.С. Основные научные направления в рамках разработки Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» // *Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»*. 2015. № 4. С.13–22.

16. Сидорова Е.А., Давыдов А.И., Вялкова С.О. Методология прогнозирования объемов перевозочной работы на основе построения временных трендов // *Известия Транссиба*. 2014. № 3. С. 119-126.

UDC 338.27:625.1/.5(571.56) © T.P. Egorova, A.M. Delakhova, 2018  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 54-60

**Title****ASSESSMENT OF TRANSPORT AND TRANSIT POTENTIAL OF RAILWAY INFRASTRUCTURE IN THE ECONOMIC DEVELOPMENT ZONE OF SOUTH YAKUTIA**

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-54-60>

**Authors**

Egorova T.P.<sup>1</sup>, Delakhova A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "M.K. Ammosov North-Eastern Federal University", Yakutsk, 677000, Russian Federation

Egorova T.P., PhD (Economic), Leading Researcher Laboratory of regional economy management problems, Research Institute of Regional Economy of the North, e-mail: [tp.egorova@s-vfu.ru](mailto:tp.egorova@s-vfu.ru)

Delakhova A.M., Senior Researcher Laboratory of regional economy management problems, Research Institute of Regional Economy of the North, e-mail: [am.delakhova@s-vfu.ru](mailto:am.delakhova@s-vfu.ru)

**Abstract**

The paper provides an assessment of the transit potential of the railway line in Southern Yakutia, which has large deposits of coking coals. The modeling of the level of cargo activity of Southern Yakutia, on the territory of which it is planned to enter a number of investment projects related to the implementation of the "Strategy of development of the productive forces of the Republic of Sakha (Yakutia) - 2035". On the basis of comparison of the forecast estimates on coal mining, providing the greatest growth of cargo traffic, and the level of capacity of the railway line Berkakit - Tommot, the necessity of complex solutions for the development of transport infrastructure. Modeling of production and export of resources, uninterrupted delivery of goods for different purposes, passenger transportation is the basis for the forecast schedules of trains, the calculation of the needs of freight cars, locomotive fleet, etc.

**Keywords**

Transit potential, Southern Yakutia, Traffic capacity, Neryungri coal mine, Transportation infrastructure.

**References**

1. Abdullayev S., Kiseleva O., Adilova N., Bakyt G. & Vakhitova L. Key development factors of the transit and transport potential of Kazakhstan. *Transport Problems*, 2016, Vol. 11, pp. 17-26.
2. Dai P. & Yue Y. The analysis of development and utilization along the rail transit in Qingdao economic and technological development zone. *Applied Mechanics and Materials*, 2012, Vol. 204-208, pp. 1777-1781.
3. Raimbekov Z., Syzdykbayeva B. & Sharipbekova K. Economic aspects of freight transportation along the east-west routes through the transport and logistics system of Kazakhstan. *Studies in Systems, Decision and Control*, 2018, Vol. 155, pp. 205-230.
4. Tsevtkov V., Zoidov K. & Medkov A. The implementation of transportation and transit projects on the basis of public-private partnership in Russia. *Economy of Region*, 2016, Vol. 12, pp. 977-988.
5. Erniyazova Z., Kazbekova L., Mukhanova A., Utegenova K. & Smagulova Z. Particularities of formation of transport-transit cargo-traffic in the republic of Kazakhstan. *Life Science Journal*, 2014, Vol. 11. SPEC. N 2, pp. 121-124.
6. Osmnin A.T. O nauchno-prakticheskikh problemakh povysheniya propusknykh i provoznykh sposobnostey liniy [On scientific and practical problems of increasing the crossing and carrying capacity of the lines]. *Byulleten' OUS OAO "RZHD" - Bulletin of Joint Academic Council of "RZHD" JSC*, 2018, No. 1, pp. 37-48.
7. Pekhterev F.S. Prognozirovaniye ob'yemov gruzovykh perezovok na srednesrochnuyu i dolgosrochnuyu perspektivu [Forecasting of the rail-freight traffic in the mid- and long term]. *Byulleten' OUS OAO "RZHD" - Bulletin of Joint Academic Council of "RZHD" JSC*, 2012, No. 3, pp. 26-31.
8. Pekhterev F.S. Formirovaniye gruzovoy bazy zheleznodorozhnogo transporta s uchedom otkorrektirovannykh Minekonomrazvitiya Rossii pokazat-

teley razvitiya ekonomiki i promyshlennogo proizvodstva [Formation of the railway transport freight base, taking account of the indicators of the economy and industrial production growth corrected by the Ministry of Economic Development of Russia]. *Byulleten' OUS OAO "RZHD" - Bulletin of Joint Academic Council of "RZHD" JSC*, 2014, No. 3, pp. 12-22.

9. Sharapov S.N. & Lyal'ko M.V. Klassifikatsiya i spetsializatsiya zheleznodorozhnykh liniy – osnova optimizatsii ekspluatatsionnykh raskhodov [Classification and specialization of railway lines is the basis for operating costs optimization]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway transport*, 2016, No. 7, pp. 50-60.

10. Borodin A.F. & Storchak M.V. Nauchnaya otsenka perspektiv modernizatsii Vostochnogo poligona seti Rossiyskikh zheleznykh dorog [Scientific evaluation of the prospects of modernization of the Eastern operating domain of the Russian Railways network]. *Byulleten' OUS OAO "RZHD" - Bulletin of Joint Academic Council of "RZHD" JSC*, 2017, No. 2, pp. 65-73.

11. Zamkovo A.A. O povyshenii kachestva prognozirovaniya ob'yemov gruzovykh perezovok [On improving quality of rail-freight traffic forecasting]. *Byulleten' OUS OAO "RZHD" - Bulletin of Joint Academic Council of "RZHD" JSC*, 2012, No. 4, pp. 25-31.

12. Nechiporuk M.V., Garlitsky E.I., Chervotenko E.E. & Kalinina A.R. Issledovaniye vozmozhnostey razvitiya zheleznodorozhnykh stantsiy Cevernogo shirotnogo khoda vostochnogo poligona BAMA v svyazi s planiruyemym uvelicheniyem ob'yemov perezovok [Study of development possibilities of the railway stations of the North latitudinal trip of BAM eastern operating domain in connection with the planned increase in traffic]. *Byulleten' OUS OAO "RZHD" - Bulletin of Joint Academic Council of "RZHD" JSC*, 2013, No. 3, pp. 46-55.

13. *Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Sakha (Yakutiya) na period do 2030 goda s opredeleniyem tselevogo videniya do 2050 goda* [Strategy of socio-economic development of the Republic of Sakha (Yakutia) for the period until 2030 with presentation of shared vision until 2050]. Yakutsk, 2016. [Electronic resource portal Strategy of the Russian Federation]. Available at: <https://strategyrf.ru/14/documents> (accessed 15.10.2018).

14. Khafizov I.V. Kompaniya "Yakutugol": Nastoyashhee i budushhee ["Yakutugol" company: present and future]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2017, No. 8, pp. 78-79. Available at: <http://www.ugolino.ru/Free/082017.pdf> (accessed 15.10.2018).

15. Pekhterev F.S. Osnovnyye nauchnyye napravleniya v ramkakh razrabotki General'noy skhemy razvitiya seti zheleznykh dorog OAO "RZHD" [The main research areas within the framework of elaboration of the General layout of "RZHD" JSC railway network]. *Byulleten' OUS OAO "RZHD" - Bulletin of Joint Academic Council of "RZHD" JSC*, 2015, No. 4, pp. 13-22.

16. Sidorova E.A., Davydov A.I. & Vyalkova S.O. Metodologiya prognozirovaniya ob'yemov perezovozhnoy raboty na osnove postroyeniya vremennykh trendov [Methodology of forecasting freight traffic work based on building of time trends]. *Izvestia Transsiba – Transsib news*, 2014, No. 3, pp. 119-126.

**Acknowledgments**

The paper was prepared within the framework of implementation of the project on the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (Project "Development of the theory and methodology of spatial organization of socio-economic systems of the northern region" No. 26.8327.2017 / 8.9).

# BELAZ

G-PROFI



## ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЛИНЕЙКА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ

**ОАО «БЕЛАЗ» – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» – КРУПНЕЙШИЙ МИРОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ. УНИКАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЗВОЛИЛИ СОЗДАТЬ ТЕХНИКУ, СТАВШУЮ МИРОВЫМ РЕКОРДСМЕНОМ ПО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ.**

**Работа техники сопряжена с беспрецедентно высокими нагрузками – надежная эксплуатация требует профессионального подхода...**

### **МАСЛА BELAZ G-PROFI РАЗРАБОТАНЫ СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ**

Для обеспечения бесперебойной работы техники в тяжелых горно-геологических условиях необходимы специализированные смазочные материалы, которые будут эффективно защищать высоконагруженные детали узлов и агрегатов (двигатель, трансмиссия, гидравлическая система и другие механизмы). Для создания собственной профессиональной линейки смазочных материалов для карьерной техники компания ОАО «БЕЛАЗ» объединила усилия с компанией «Газпромнефть – смазочные материалы», обладающей не только международной экспертизой в области разработки высокотехнологичных масел и технических жидкостей, но и собственным производством в России и Европе, являющимся на сегодняшний день од-

ним из самых современных. В результате научно-технического сотрудничества компаний была разработана профессиональная линейка эксплуатационных материалов и специальных жидкостей BELAZ G-Profi. Это уникальные продукты, учитывающие все особенности техники БЕЛАЗ и условия ее эксплуатации.

### **ОРИГИНАЛЬНОЕ МОТОРНОЕ МАСЛО BELAZ G-PROFI MINING 15W-40 – ЛУЧШИЙ ВЫБОР ДЛЯ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ**

При разработке моторного масла BELAZ G-Profi Mining 15W-40 были учтены особенности условий эксплуатации двигателей карьерных самосвалов БЕЛАЗ, а также проведен анализ статистики отказов. По результатам исследований были установлены повышенные требования к эксплуатационным свойствам смазочного

материала. Учитывались такие факторы, как повышенное содержание серы в топливе, кислотность, образование сажи и возможность попадания частиц пыли в систему смазки.

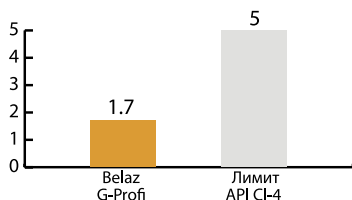
Продуктом неполного сгорания топлива является сажа, она загущает масло, вызывает отложения на деталях и износ. Масло BELAZ G-Profi Mining 15W-40 снижает негативное воздействие сажи и сохраняет свои эксплуатационные характеристики на всем интервале использования до следующей замены.

После прохождения нескольких циклов лабораторных и стендовых испытаний были получены официальные одобрения Cummins, MTU, Deutz, ПАО «Автотизель» и ряда других. Масло не только соответствует спецификациям производителей двигателей, устанавливаемых на технику БЕЛАЗ, но и превосходит их.

**ЗАЩИТА ДВИГАТЕЛЯ — В 3 РАЗА ЭФФЕКТИВНЕЕ!**

Всесезонное моторное масло BELAZ G-Profi Mining 15W-40 надежно защищает детали силового агрегата от износа и превосходит требования API CI-4 по показателю среднего износа цилиндра в 3 раза.

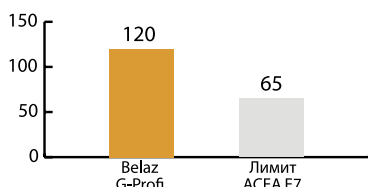
Средний износ цилиндра, мкм



**В 2 РАЗА ВЫШЕ СТОЙКОСТЬ К ОКИСЛЕНИЮ**

Показатель термоокислительной стабильности BELAZ G-Profi Mining 15W-40 на 85% выше требований ACEA E7, что обеспечивает высокую стойкость к окислению, увеличивает запас свойств.

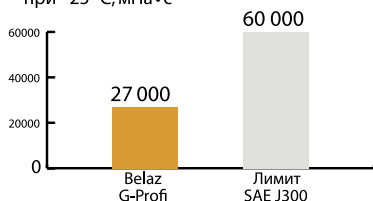
Термоокислительная стабильность, мин



**В 2 РАЗА ЭФФЕКТИВНЕЕ ПРОКАЧИВАЕМОСТЬ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

Превосходная прокачиваемость при низких температурах обеспечивает более быстрое поступление масла в точку смазки, что снижает износ при холодном пуске.

Низкотемпературная прокачиваемость при -25 °C, мПа·с



**ОРИГИНАЛЬНЫЕ ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА СЕРИИ BELAZ G-PROFI TRANS ГАРАНТИРУЮТ ПОВЫШЕННУЮ ЗАЩИТУ ОТ ИЗНОСА**

Специализированный пакет присадок для трансмиссионных масел BELAZ G-Profi Trans разработан с учетом материалов сальников и уплотнений, обеспечивая прекрасную совместимость. Стабильная масляная пленка на деталях трансмиссии предотвращает повышенное изнашивание трущихся поверхностей в тяжелых условиях эксплуатации при высоких, в том числе, ударных нагрузках.

При разработке серии трансмиссионных масел BELAZ G-Profi Trans учитывались жесткие температурные режимы эксплуатации редукторов мотор-колес и иных элементов трансмиссии карьерных самосвалов БЕЛАЗ. В результате была обеспечена высокая термическая стабильность, препятствующая образованию отложений на рабочих поверхностях трансмиссии.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА СЕРИИ BELAZ G-PROFI HYDRAULIC ИДЕАЛЬНО СОВМЕСТИМЫ С МАТЕРИАЛАМИ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ**

Одной из главных систем автосамосвала БЕЛАЗ, передающей и распределяющей усилия, является гидравлическая система, в которой к гидравлическим маслам применяется широкий перечень требований. Прежде всего это совместимость с различными металлами и эластомерами, что гарантирует высокую надежность работы оборудования. Благодаря вовлечению специальных противоизносных компонентов удалось значительно увеличить ресурс шестерчатых, лопастных, радиальных и аксиально-поршневых насосов. При производстве масел BELAZ G-Profi Hydraulic используются высококачественные загущающие присадки, которые обеспечивают высокий индекс вязкости. Таким образом, масла BELAZ G-Profi Hydraulic можно использовать в широком диапазоне температур, что позволяет эксплуатировать технику БЕЛАЗ в любых климатических зонах. Высокие деэмульгирующие свойства обеспечивают стабильность работы гидросистемы в присутствии воды, а минимальное время деаэрации исключает сжимаемость масла, что улучшает его смазывающие и охлаждающие способности. Высокий класс чистоты и превосходная фильтруемость позволяют продлить срок службы оборудования.

**ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ СЕРИИ BELAZ G-PROFI ANTIFREEZE РАЗРАБОТАНЫ СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ**

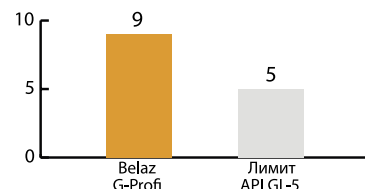
От качества охлаждающей жидкости и соблюдения правил эксплуатации зависят долговечность и надежность работы двигателя, поэтому все крупнейшие мировые производители двигателей предъявляют жесткие требования к охлаждающим жидкостям и требуют их неукоснительного соблюдения. В полной мере это относится к силовым агрегатам, устанавливаемым на автомобили БЕЛАЗ.

Основной проблемой, связанной с применением охлаждающих жидкостей в тяжело нагруженных двигателях, является кавитация гильз. Кавитация способна за 2000 часов работы двигателя создать сквозные отверстия в гильзе, что не-

**В 2 РАЗА МЕНЬШЕ ИЗНОС**

Благодаря стойкой пленке в точке контакта трансмиссионные масла серии BELAZ G-Profi Trans существенно снижают износ трущихся поверхностей.

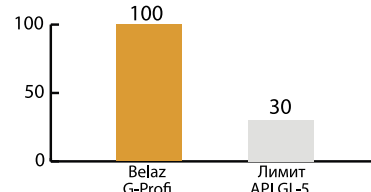
Противоизносные свойства ASTM D6121, балл



**В 3 РАЗА ВЫШЕ ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ**

Показатель термической стабильности серии масел BELAZ G-Profi Trans на 70% выше требований API GL-5, что существенно снижает образование отложений на парах трения.

Термическая стабильность ASTM D5704, %



избежно приведет к капитальному ремонту или даже к списанию агрегата. Возникающие при этом затраты несоизмеримо больше, чем расходы на закупку охлаждающей жидкости.

Охлаждающие жидкости серии BELAZ G-Profi Antifreeze содержат антикавитационные пакеты присадок, **снижающие скорость кавитационного разрушения гильз в 10-20 раз по сравнению с обычными антифризами.** На иллюстрации приведены две гильзы, отработавшие в аналогичных условиях: с обычной охлаждающей жидкостью (рис. слева) и с жидкостью, имеющей антикавитационный пакет присадок (рис. справа). На гильзе слева отчетливо видны кавитационные «ямы», причем некоторые из них имеют сквозной характер.



В систему охлаждения была залита универсальная охлаждающая жидкость — отчетливо видны разрушения гильзы, вызванные кавитацией



Гильза двигателя, который работал с оригинальной охлаждающей жидкостью, имеющей антикавитационные присадки



**ОРИГИНАЛЬНАЯ ОХЛАЖДАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ BELAZ G-PROFI ANTIFREEZE RED**

Предназначена для применения в двигателях европейских производителей MTU и Deutz. По своему составу она относится к карбоксилатному (OAT) типу, обеспечивает долговременную и эффективную защиту от коррозии и кавитации «мокрых» гильз. Имеет официальный допуск на применение от MTU с рекомендованным сроком эксплуатации 9000 м/ч или 3 года.

**ОРИГИНАЛЬНАЯ ОХЛАЖДАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ BELAZ G-PROFI ANTIFREEZE GREEN**

Предназначена для применения в двигателях Cummins и ЯМЗ. Содержит в своем составе полный пакет присадок, соответствует спецификациям Cummins CES 14603, ASTM D6210. Имеет официальный допуск на применение от ЯМЗ. Совместима с дополнительными присадками DCA-2, DCA-4, а также с фильтрами охлаждающей жидкости Fleetguard. BELAZ G-Profi Antifreeze Green обеспечивает эффективную защиту от коррозии и кавитации благодаря использованию специальных ингибиторов коррозии, включая нитриты. Срок эксплуатации – в соответствии с рекомендациями Cummins и ЯМЗ.

**РЕГУЛЯРНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА**

Регулярное проведение подтверждающих испытаний под контролем НТЦ ОАО «БЕЛАЗ», а также внедрение специальных методов контроля качества при производстве смазочных материалов гарантируют высокий уровень эксплуатационных характеристик продуктов профессиональной линейки BELAZ G-Profi, а значит, уверенность эксплуатирующих организаций в надежной работе карьерной техники БЕЛАЗ.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ**

Использование оригинальных масел BELAZ G-Profi позволяет сократить износ оборудования, что ведет к снижению простоев на ремонт, существенному сокращению финансовых потерь и, как следствие, росту рентабельности производства.



Экономия на стоимости масла и охлаждающей жидкости несоизмерима с затратами на ремонт техники и с потерями от ее простоя. Для производства продуктов профессиональной линейки BELAZ G-Profi используются только качественные базовые компоненты и современные высокоэффективные пакеты присадок, позволяющие максимально продлить ресурс техники и **увеличить КТГ** (коэффициент технической готовности).

Дилеры ОАО «БЕЛАЗ» при участии производителя оригинальных смазочных материалов и специальных жидкостей готовы предоставить потребителю квалифицированную техническую поддержку по единому стандарту OTS BELAZ при условии использования продукции BELAZ G-Profi.



**ОРИГИНАЛЬНЫЕ МАСЛА BELAZ G-PROFI ИЛИ УНИВЕРСАЛЬНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА — ЧТО ВЫГОДНЕЕ?**

Стремление к экономии при эксплуатации карьерной техники порой является основанием для закупки и применения организацией неоригинальных запасных частей, расходных и смазочных материалов. Универсальные масла для коммерческого транспорта не являются лучшим решением для карьерной техники ввиду того, что карьерные самосвалы работают в совершенно иных, более жестких условиях. Кроме того, при возникновении эксплуатационной ситуации в условиях применения нереконструированных эксплуатационных материалов получение оперативной технической поддержки от производителя может быть осложнено. Также нередки случаи, когда закупленная продукция известных мировых и российских производителей на проверку оказывается контрафактной.

При использовании неоригинальных запчастей и/или эксплуатационных материалов, в том числе смазочных материалов и технических жидкостей, эксплуатирующие организации несут повышенные риски, связанные с вероятностью преждевременного выхода агрегатов из строя, что в свою очередь, приводит к внеплановому ремонту и непроизводственному простоям техники. Как следствие – незапланированные дополнительные расходы, например:

- стоимость капитального ремонта ДВС Cummins QST 30-С карьерного самосвала БЕЛАЗ-75580 — **от 5 000 000 рублей**;
- упущенная выгода от непроизводственного простоя одной единицы БЕЛАЗ-75580 — **от 600 000 рублей в сутки** в зависимости от вида добываемого полезного ископаемого.

**ИМЕННО РЕКОМЕНДОВАННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ BELAZ G-PROFI ПОЗВОЛЯЮТ ПРОДЛИТЬ ЭФФЕКТИВНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕСУРС УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТЕХНИКИ БЕЛАЗ, ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ ЗАЛОГОМ ВЫСОКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЮБОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ.**

По вопросам приобретения оригинальных смазочных материалов и технических жидкостей BELAZ G-Profi обращайтесь к официальному представителю БЕЛАЗ:



**ООО «ПРОМТЕХНАБ»**  
 214030, Смоленская обл., г. Смоленск,  
 Краснинское шоссе, д.21, пом. 301.  
 Тел.: +7 (4812) 70-21-17  
 E-mail: ptsbelaz@gmail.com  
 www.ptsbelaz.ru

**Линейка BELAZ G-Profi реализуется эксклюзивно через дилерскую сеть ЗАО «ТД «БелАЗ», что гарантирует покупателю защиту от покупки контрафакта и снижает стоимость владения техникой.**

Использование оригинальных смазочных материалов и технических жидкостей BELAZ G-Profi позволяет организациям, эксплуатирующим технику БЕЛАЗ:

- быть уверенными в качестве применяемых эксплуатационных материалов;
- исключить возможность закупки контрафакта;
- бесплатно получать специализированную техническую поддержку и консультации экспертов по программе OTS BELAZ;
- снизить риски возникновения непроизводственных потерь;
- повысить КТГ (коэффициент технической готовности).

# Оценка и оптимизация энергетических затрат труда машинистов горно-выемочных машин очистных забоев – составная часть безопасности жизнедеятельности на шахтах России

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-64-69>



## ПАНИХИДНИКОВ

**Сергей Александрович**

Канд. воен. наук,  
заведующий кафедрой экологии и БЖД  
СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,  
193232, г. Санкт-Петербург, Россия,  
тел.: +7 (911) 985-17-28,  
e-mail: panihidnikov@mail.ru



## НОВОСЕЛОВ

**Сергей Вениаминович**

Канд. экон. наук,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории «Горноспасательного  
дела» АО «НИИГД»,  
академик Международной академии  
наук экологии и безопасности  
жизнедеятельности,  
650002, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru



## КУЛИКОВИЧ

**Алексей Викторович**

Канд. хим. наук,  
доцент кафедры  
экологии и БЖД  
СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,  
193232, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: geochem@mail.ru

*В статье раскрыты вопросы безопасности жизнедеятельности работников очистного участка угольной шахты. В частности, в статье провиден метод оценки и оптимизации энергетических затрат труда машинистов горно-выемочных машин (МГВМ) очистных забоев угольных шахт за смену. Интенсивное повышение объемов добычи угля в России одновременно влечет повышение интенсивности труда шахтеров. Это может привести к возникновению необратимых процессов для их здоровья. Повышение интенсивности и напряженности труда для человека имеет свои пределы, что делает актуальной проблему оптимального сочетания системы «машина – человек». Травматизм и аварийность зависят от человеческого фактора и работоспособности горняков в длительном периоде. В статье приведен метод расчета параметров энергозатрат МГВМ очистного участка угольной шахты на основе энергетических затрат мышц при выполнении механической работы. Предложен мультипликационный коэффициент сложности труда в очистном забое. Приведен пример оптимизации энергетических затрат МГВМ в условиях интенсивного технологического цикла в среде Excel. Обосновывается системный подход к управлению безопасностью жизнедеятельности в очистном забое. Приведены выводы и рекомендации по снижению напряженности труда МГВМ и мероприятия для повышения его работоспособности и снижения травматизма.*

**Ключевые слова:** безопасность жизнедеятельности работников, метод, оптимизация энергетических затрат труда, напряженность труда, система «машина – человек», травматизм, аварийность, человеческий фактор, мультипликационный коэффициент сложности труда, системный подход.

## АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ

Безопасность производства очистных работ напрямую зависит от соблюдения правил безопасности (ПБ), соблюдения персоналом своих должностных инструкций и правильности разработанного паспорта выемочного участка. Однако есть факторы, которые невозможно регламентировать паспортом выемочного участка, это не-

предвиденные факторы, такие как горно-геологические условия и человеческий фактор, который проявляется нервно-психологическим напряжением, снижением работоспособности и др.

Горно-геологические факторы в значительной мере влияют на нормальное протекание рабочих процессов, так как меняются в масштабах даже одного выемочного участка: угол наклона и залегания пласта, наличие в пласте включений крепких пород, появление подземных вод, горно-геологических нарушений и т.п.

Кроме того, на безопасность ведения очистных работ влияют применяемая технология и техника, а соответственно, возникают **дополнительные риски** при разработке пластов, опасных по внезапным выбросам угля, породы, газа, а также пластов, склонных к горным ударам.

Но все же, как отмечает ряд ученых и практиков, особого внимания заслуживает **человеческий фактор**, который в большинстве аварийных случаев является основополагающим. Следующий момент – **физиология человека**. Он устает, теряет бдительность, внимание, так как на него влияют время суток, температура, шум, давление и другие отрицательные факторы внешнего воздействия, которые оказывают существенное влияние на функциональное состояние его организма и повышение вероятности травматизма. Статья доказывает, что знание энергетических затрат труда рабочих основной профессии – машинистов горно-выемочных машин (МГВМ), их оценка и оптимизация обеспечат повышение безопасности жизнедеятельности (БЖД) на угольных шахтах России.

#### ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ТРУДА МАШИНИСТОВ ГОРНО-ВЫЕМОЧНЫХ МАШИН ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ ШАХТ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ РОССИИ»

Не требует доказательств тот факт, что в угольной промышленности тяжелый физический труд присутствует как у рабочих основных специальностей: машинистов горно-выемочных машин (МГВМ – VI разряд, горнорабочих очистных забоев (ГРОЗ) – IV-V разряд, проходчиков – IV-V разряд), так и вспомогательных: горномонтажников – III-IV разряд, такелажников-доставщиков (горнорабочих подземных – ГРП) – III-IV разряд, машинистов подземных установок (МПУ) – III разряд. Разряд в большей степени учитывает квалификацию и сложность работ и определяет тарифную сетку по оплате.

Однако уровень фактических энергозатрат в какую либо смену у ГРП может быть выше, чем у МГВМ, но оплата его труда не будет большей, так как это связано с социальной неэффективностью ручного труда и низкой производительностью. Так, например, ГРП перенесет груз в 1 т на 30 м за смену, при этом нагрузка составит 30 000 кг-м при допустимой 25000 кг-м [1, с. 21], а МГВМ за смену может отрезать 30 тыс. т угля, с учетом длины лавы, например в 100 м, его «условно-прямой» результат работы составит 3000000 кг-м, и если у него отличное

здоровье и он квалифицированно работает, то реально может восстанавливать периодически свою работоспособность. Доказательством этому являлась рекордная работа МГВМ-бригад: Ю.П. Сапсина (шахта «Заречная»); В.И. Мельника (шахта «Котинская»), Ю.М. Глухова (шахта «Талдинская-Западная-2»); С.Д. Шахбудинова (шахта им.7 Ноября); Е.В. Михалева (шахта им. С.М. Кирова); В.И. Дондерфера (шахта «Комсомолец») [1, с. 106; 2, с. 63; 3, с. 26], которые в течение длительного времени поддерживают высокую рабочую активность своего организма. При этом продолжительность рабочей смены – 8 ч, суточная нагрузка достигает 54000 т/сут. при скорости резания комбайна 0,2-0,5 м/с, а значит, и непрерывного движения МГВМ за комбайном при повышенной степени напряженности [4].

У некоторых МГВМ могут произойти чрезмерное переутомление и накопленный стресс в течение, допустим, ночной смены (ряда ночных смен), где обязательно наличие снижения трудоспособности в период времени с 3 до 4 часов ночи, что повышает вероятность травматизма.

Поэтому обеспечение безопасности жизнедеятельности шахтеров, повышение безопасности на угольной шахте являются первоосновой обязанностей горного менеджмента, так как последствия аварий – катастрофичны (особенно взрывы метана и угольной пыли). Следует учитывать логическую цепь условий труда [5, с. 42]:

- безопасные (оптимальные и допустимые);
- вредные (вызывающие обратимые функциональные изменения, приводящие к стойким функциональным нарушениям, к развитию профессиональной патологии, к возникновению выраженных форм профессиональных заболеваний;
- травмоопасные (экстремальные) условия труда, при которых в течение и рабочей смены и ее части создается угроза или высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных заболеваний.

Вопросы предотвращения производственного травматизма актуализируются и решаются руководством ведущей угольной компании России АО «СУЭК» [6, с. 73], о чем свидетельствует практика с 2000 г. по настоящий период – коэффициент частоты травматизма со смертельным исходом на 1 млн т добычи снизился с 0,67 до 0,11, согласно официальным данным [7, с. 59].

Оценка тяжести и напряженности трудовой деятельности направлена на оценку уровня функционального напряжения организма. Здесь необходимо подчеркнуть, что физический труд оценивается энергетическими затратами, а умственный – в большей степени характеризуется информационной перегрузкой. Хотя никто не станет опровергать, что в труде МГВМ имеют место переработка определенного уровня информации и эмоциональные перегрузки.

Кроме того, никто не станет отрицать профессиональную значимость МГВМ. Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы в очистном забое, актуализирующим оптимизацию условий труда и рациональную их организацию. С увеличением тяжести труда значительно возрастает

**Энергетические затраты МГВМ за смену при выполнении мышцами механической работы (при минимальной и максимальной степени интенсивности работы) [2]**

Рабочие операции	Части тела, занятые в работе	Параметр, кДж/мин.	Время работ за восьми часовую смену, мин.	Суммарные энергетические затраты за смену, кДж	Суммарные энергетические затраты за смену (по операциям), кг-м	Нормативы тяжести трудового процесса при общей нагрузке (мышцы рук, корпуса, ног) для мужчин, кг-м		
						Оптимальная	Допустимая	Вредный (тяжелый труд)
						12500*	До 25000	От 35000 до 45000 и более
Проверка работы комбайна	Кисти и пальцы рук	1,7	15	25,5	2500	Ниже нормативных		
Выемка угля комбайном	Руки, туловище и работа трех или четырех конечностей	13,9	405	5629,5	28147,5	Энергетические затраты превышают нормативные в 2,25 раза		
Замена зубков	Руки	4,6	30	138	690	Ниже нормативных		
Устранение мелких неисправностей	Руки	4,6	10	46	230	Ниже нормативных		
Технологические перерывы	Отдых	1 (min)	20	20	100	Ниже норматива		
Суммарные сменные энергозатраты					31667,5	Превышение энергетических затрат по сравнению с нормативными в 2,53 раза		

\* Примечание: нормы приведены из расчета пути 5 м, очистной забой находится в пределах 100 м, 200 м и 300 м, поэтому полученные энергозатраты необходимо уменьшить соответственно в 20, 40 и 60 раз в зависимости от длины передвижения МГВМ.

тают потребление кислорода и количество расходуемой энергии, отсюда наблюдаются различные суточные энергетические затраты человека. Так, в работах [5], [8] и ряде других ученые определяют следующие диапазоны суточных энергозатрат человека (в МДж, для справки: 1 Дж равен 1Н·м):

- работники умственного труда – 10,5 -11,7 МДж/сут.;
- работники механизированного труда и сферы обслуживания – 11,3-12,5 МДж/сут.;
- работники, выполняющие работу средней тяжести, – 12,5-15,5 МДж/сут.;
- работники, выполняющие тяжелую работу, – 16,3-18,0 МДж/сут.

Тяжесть физической работы определяется энергетическими затратами в процессе трудовой деятельности и подразделяется на следующие категории: легкая, средней тяжести и тяжелая. При расчетах возникает сложность при переводе ккал в кг-м, делается промежуточный перевод в Дж для получения килограммов (кг), так как 1 Дж = 1 Нм, то есть принимается 1 кг = 10 Дж, а 1 кал = 4,18 Дж, что в конечном счете дает кг-м и может быть сравнено с размерностью нормативов [2, с. 66].

Определим более конкретно энергетические затраты машиниста горно-выемочных машин за смену при выполнении мышцами механической работы согласно технологическому паспорту работника, испытывающего наиболее разноаспектные динамические нагрузки в очистном забое (табл. 1).

Анализируя табл. 1, можно сделать вывод, что возможно удерживаться в допустимых пределах напряженности работы и перейти в запредельные нагрузки. Основываясь на анализе полученных результатов, можно сде-

лать вывод, что труд рабочих очистного забоя относится к классу труда во вредных условиях от 1 до 4 степени (вредный, тяжелый труд). А при грубых нарушениях технологии и паспорта выемочного участка условия труда априори будут экстремальные, конечно, сюда можно отнести и условия при действии факторов непреодолимой силы (внезапные выбросы угля, газа, пыли, породы).

Приведенные расчеты ориентированы на максимальный коэффициент машинного времени (рекордные показатели), в данном случае он равен 0,84, а фактически он может находиться в диапазоне 0,34-0,85, соответственно изменятся и суммарные сменные энергозатраты, то есть изменяя коэффициент машинного времени, скорость комбайна, время операций, технологические перерывы, мы можем оптимизировать напряженность труда МГВМ.

Основными параметрами оптимизации (снижения) энергетических затрат МГВМ при условии не превышения установленных нормативов будут рабочая и маневровая скорость движения добычного комбайна, время технологических перерывов, время на личные надобности, время простоя и, конечно же, оптимальное время резания угля комбайном и прочие технологические операции, все эти периоды можно или нормировать, или оптимизировать. Следовательно, в конкретных условиях выемочного участка будет свой оптимизированный баланс времени технологического цикла с оптимизированной продолжительностью операций и, следовательно, с соответствующей ей напряженностью труда МГВМ и ее энергетическими затратами. На основе данных табл. 1 решим задачу оптимизации энергетических затрат МГВМ в технологическом цикле, введя не-

**Фрагмент электронной таблицы в среде Excel результата решения оптимизационной задачи с помощью надстрой «Поиск решения»**

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$		
2346	19182	490	170	100	100		
1,7	13,9	4,9	1,7	1	1	273508	
1,7						3988,2	2500
	13,9					266629,8	28147,5
		4,9				2401	690
			1,7			289	230
				1		100	100
					1	100	100

обходимые нормативы отдыха ( $T_{\text{лн}}$ )- $X_6$  согласно существующим «Межотраслевым методическим рекомендациям по определению нормативов времени на отдых и личные надобности», которые должны составлять не менее 10 мин в смену каждый. С учетом расчетов табл. 1 целевая функция оптимизации примет вид:

$$f(X) = 1,7X_1 + 13,9X_2 + 4,6X_3 + 1,7X_4 + 1X_5 + 1X_6 \rightarrow \min \quad (1)$$

Ограничения:

$$\begin{cases} X_1 \geq 2500 \\ X_2 \leq 28147,5 \\ X_3 \geq 690 \\ X_4 \geq 230 \\ X_5 = 100 \\ X_6 = 100 \end{cases}$$

Минимальные энергетические затраты МГВМ в данных условиях представлены в виде электронной таблицы в среде Excel (табл. 2).

При проведении оптимизации в заданных условиях получено снижение энергозатрат с 28147,5 до 19182 кг-м согласно ограничению целевой функции (1), при этом компьютер выдает решение: «чаще проверяйте комбайн и сократите время на замену «зубков», нормативные затраты на отдых и личные надобности неизменны». Оптимизация в заданных условиях позволила сократить энергозатраты МГВМ в 1,46 раза. В принципе можно расширить варианты оптимизации для получения заданных параметров.

Для повышения достоверности оценки и оптимизации рассчитанные параметры напряженности труда МГВМ предлагается скорректировать на мультипликационный коэффициент сложности труда ( $K_{\text{мульти}}$ ), который учитывает как сложность горно-геологических условий ( $K_{\Gamma-\Gamma_i}$ ), так физиологические и эмоциональные перегрузки работников ( $K_{\text{ф-э}}$ ), по формуле:

$$K_{\text{мульти}} = \prod_1^n (1 + K_{\Gamma-\Gamma_i}) + \prod_1^m (1 + K_{\text{ф-э}}) \quad (2)$$

Понятно, что рассматриваются факторы отрицательного характера (шум, вибрация, горное давление, капеж воды, сильная вентиляционная струя, температура и подобное), выраженные в долях, поэтому при сложении в формуле они будут увеличивать напряженность труда.

При расчете факторов-рисков обрабатываются большие объемы информации, выбирается информационная модель, то есть многомерное пространство, поэтому для обработки больших массивов информации необходимо применение информационных технологий [9, 10, 11].

В научной литературе по БЖД присутствуют нормативы ПДВ, ПДК, температурный индекс WBGT, излучение, вибрация. Долевое превышение какого-либо параметра может создать определенный ряд нормированных коэффициентов, которые можно вводить в формулу (2) как негативные факторы, и, в принципе, это будет «условный» мультипликационный коэффициент увеличения напряженности труда.

При проведении хронометражей в конкретном очистном забое при использовании данного метода определения энергетических затрат можно планировать технологический процесс в координатах: минимум энергетических затрат работника – максимум производительности труда с учетом мультипликационного коэффициента сложности труда.

Для обеспечения повышенной безопасности жизнедеятельности на очистном участке необходим системный подход в управлении ею, который включает следующую иерархию: административное управление безопасностью, технологическая безопасность, техническая безопасность, организационная безопасность, психологический менеджмент, промсанитария, профосмотр.

Эффективность системного подхода в управлении определена свойствами систем, которые дают так называемые синергетические эффекты – мультипликацию результата, что отражено в трудах ряда ученых, на этой основе и введен мультипликационный коэффициент. Из множества методов управления, применяемых для решения глобальных и актуальных проблем, в ряде отраслей жизнедеятельности человека очевиден приоритет системного подхода [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

Современная практика доказывает, что системный подход актуален в аспекте безопасности на угольных шахтах, и это доказывается применением ряда систем: диспетчерского мониторинга процессов в режиме он-лайн, аэрогазового контроля, автоматизации производственных процессов, управления производственной безопасностью и другими структурными подсистемами уголь-

ной шахты (система электроснабжения, система водоотлива, система вентиляции, система транспорта и так далее). К рассмотрению любого процесса можно подойти с системных позиций. Актуальность проблем безопасности определяется и темпом роста добычи, так как в угольной отрасли идет постоянное увеличение объемов добычи, за десять лет, с 2006 по 2016 г., диапазон роста составил 310-385,7 млн т угля [18, с. 58], то есть средний темп – 8,6 млн т в год.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе данного методического подхода можно провести детальную оценку работоспособности и профпригодности персонала выемочного участка, провести оптимизацию производственного цикла, выявить резервы повышения производительности труда и снижения травматичности работников, как и требуют принципы промсанитарии и БЖД.

Можно утверждать, что формирование системы БЖД в масштабах очистного участка даст синергетический эффект при взаимозаменяемости, резервировании элементов и подсистем безопасности в технологическом процессе, при гармонизации факторов условий труда и технологий добычи угля.

### Список литературы

1. Новоселов С.В., Панихидников С.А. Методика определения профессионального рейтинга машиниста горно-выемочных машин высоконагруженных очистных забоев шахт Кузбасса и связь человеческого фактора с риском взрыва метана // Уголь. 2017. № 7. С. 62-64. URL: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/072017.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
2. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П.П. Кукин, В.А. Лапин, Н.А. Пономарев и др. М.: Высшая школа, 2003. 439 с.
3. Ютяев Ю.П., Лупий Л.М., Пальцев А.И. Из опыта работы очистной бригады В.И. Мельника шахты «Котинская» ОАО «СУЭК-Кузбасс» в 2009 г. // Уголь. 2010. № 4. С. 26–28. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042010.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
4. О рекордной длине и производительности очистного забоя шахты имени В.Д. Ялевского / А.А. Мешков, М.А. Волков, А.А. Ордин, А.М. Тимошенко, Д.В. Ботвенко // Уголь. 2018. № 7. С. 4-7. doi: 10.18796/0041-5790-2018-7-4-7.
5. Каракеян В.И., Никулина И.М. Безопасность жизнедеятельности. М.: Издательство Юрайт, 2013. 455 с.
6. Механизм предотвращения реализации опасной производственной ситуации / В.Б. Артемьев, В.А. Галкин, А.М. Макаров и др. // Уголь. 2016. № 5. С. 73-77. URL: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/052016.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
7. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-март 2012 года // Уголь. 2012. № 6. С. 48-59. URL: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/062012.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

8. Маринченко А.В. Безопасность жизнедеятельности. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2007. 360 с.
9. Степанов А.Н. Информатика. СПб.: Питер, 2015. 720 с.
10. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction. Springer, 2003. 552 p.
11. Min Chen, Shiwen Mao, Yin Zhang, Victor C.M. Leung. Big Data. Related Technologies, Challenges and Future Prospects. Springer, 2014. 100 p.
12. Буторин В.К., Ткаченко А.Н., Шипилов С.А. Прикладной системный анализ: концептуальный подход. Кемерово – М.: Издательское объединение Российские университеты, Кузбассвуиздат «АСШТ», 2006. 323 с.
13. Bertalanffy L. An Outline of General System Theory // British J. For Phil. of Sci. 1950. Vol. 2. Pp. 134-165.
14. Gharajedaghi J., Ackoff R.L. Toward Systemic Education of System Scientists // System Research. 1985. Vol. 2. N 1. Pp. 21-27.
15. Lewandowski A., Werzbicki A. Theory, Software and Testing Examples in Decision Support System. Working paper WP – 88 – 071. Internationnal Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, 1988.
16. Новоселов С.В. Системная оценка стратегического развития топливно-энергетического комплекса региона: вопросы теории, методологии и практики (на примере ТЭК Кемеровской области на период 2020-2035 гг.). Кемерово, 2017. 194 с.
17. Панихидников С.А., Новоселов С.В. Инновации в обеспечении безопасности жизнедеятельности на угольных шахтах России: Монография. СПб: СПбГУТ, 2017. 212 с.
18. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2016 года // Уголь. 2017. № 3. С. 36-50. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/032017.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
19. Яновский А.Б. Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. 2017. № 8. С. 10-14. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082017.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
20. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2017 года // Уголь. 2018. № 3. С. 58-73. doi: 10.18796/0041-5790-2018-3-58-73. URL: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/032018.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
21. Глинина О.И. Угольная промышленность в России: 295 лет истории и новые возможности // Уголь. 2017. № 10. С. 4-11. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102017.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
22. Артемьев В.Б. СУЭК – итоги 2017 года // Уголь. 2018. № 3. С. 4-13. doi: 10.18796/0041-5790-2018-3-4-13. URL: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/032018.pdf> (дата обращения: 15.05.2018).
23. Вержанский А.П. Экологизация угольной генерации. Из доклада на круглом столе «О программе экологизации угольной генерации Российской Федерации» // Уголь. 2017. № 9. С.11-16. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/092017.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).

UDC 614.8.084:331.453 © S.A. Panihidnikov, S.V. Novoselov, A.V. Kulinkovich, 2018  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 64-69

## Title

## ASSESSMENT AND OPTIMIZATION OF ENERGY COSTS OF THE WORK OF DRIVERS OF MINING AND EXTRACTION MACHINES OF COAL MINE FACE TREATMENT – AN INTEGRAL PART OF THE SAFETY OF LIFE IN THE TREATMENT AREAS OF COAL MINES IN RUSSIA

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-64-69>

## Authors

Panihidnikov S.A.<sup>1</sup>, Novoselov S.V.<sup>2</sup>, <sup>3</sup>, Kulinkovich A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Professor M.A. Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Saint-Petersburg, 193232, Russian Federation

<sup>2</sup> "Research Institute of Mine-rescue Business" JSC, Kemerovo, 650002, Russian Federation

<sup>3</sup> International Academy of Ecology and Life Protection Sciences (IAELPS), Kemerovo, 650002, Russian Federation

## Authors' Information

**Panihidnikov S.A.**, PhD (Military), Head of Department of Ecology and Life Protection Sciences, tel.: +7 (911) 985-17-28, e-mail: [panihidnikov@mail.ru](mailto:panihidnikov@mail.ru)

**Novoselov S.V.**, PhD (Economic), Leading Researcher of Laboratory "Mine-rescue business", Academician of IAELPS, e-mail: [nowosyolow.sergej@yandex.ru](mailto:nowosyolow.sergej@yandex.ru)

**Kulinkovich A.V.**, PhD (Chemicals), Associate Professor at Department of Ecology and Health and Safety, e-mail: [geochem@mail.ru](mailto:geochem@mail.ru)

## Abstract

The paper deals with the current topic of safety of workers of the coal mine treatment site. In particular, the paper provides a method of evaluation and optimization of energy costs of labor of mining and mining machines of coal mines face treatment for the shift. The intensive increase in coal production in Russia simultaneously leads to an increase in the intensity of work of miners, after which irreversible processes may occur for their health, in view of the fact that the duration of the working shift is 8 hours. Increasing the intensity and intensity of labor for a person has its limits, which determines the actual problem of the optimal combination of the "machine – man" system. Injury and accident rate depends on the human factor and its performance in the long term, which is revealed in the paper. The paper presents a method for calculating the parameters of energy consumption of MGVM coal mine treatment, based on the energy costs of muscles in the performance of mechanical work. The proposed multiplier coefficient of difficulty of the in a breakage face. An example of optimization of energy costs of mining machines drivers in conditions of intensive technological cycle in Excel is given. The system approach to safety management of life activity in a clearing face is proved. The findings and recommendations for reducing the intensity of work operators of mining and excavation machines and activities with the aim of increasing its efficiency and reducing injuries.

## Keywords

Health and safety of employees, Method, Optimization of energy costs of labour, Multiplier of work, System "machine – man", Injury, Accident, Human factor, Multiplier coefficient of the complexity of the work, System approach.

## References

- Novoselov S.V. & Panihidnikov S.A. Metodika opredeleniya professional'nogo rejtinga mashinista gorno-vyemochnykh mashin vysokonagruzhenykh ochistnykh zaboev shakht Kuzbassa i svyaz' chelovecheskogo faktora s riskom vzryva metana [Methodology for Kuzbass mines heavily loaded working faces mining – extraction machinery operators' professionalism rating and human factor relationship with methane explosion risks]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2017, No. 7, Pp. 62-64. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/072017.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Kukin P.P., Lapin V.A., Ponomarev N.A. et al. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. Proizvodstvennaya bezopasnost' i okhrana truda* [Fundamentals of health and safety. Health, safety and environment]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2003, 439 p.
- Yutyaev E.P., Lupy M.G. & Paltsev A.I. Iz opyta raboty ochistnoy brigady V.I. Mel'nika shakhty "Kotinskaya" OAO "SUEK-Kuzbass" v 2009 g. [From an operational experience of brigade V.I. Melnik of mine "Kotinskaya" of "SUEK-Kuzbass" Company in 2009]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2010, No. 4, Pp. 26–28. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042010.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Meshkov A.A., Volkov M.A., Ordin A.A., Timoshenko A.M. & Botvenko D.V. O rekordnoj dlina i proizvoditel'nosti ochistnogo zaboya shakhty imeni V.D. Yallevskogo [On record length and productivity of highwall mining the V.D. Yallevsky mine]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 7, Pp. 4-7. doi: 10.18796/0041-5790-2018-7-4-7.
- Karakeyan V.I. & Nikulina I.M. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Fundamentals of health and safety]. Moscow, Yurayt Publ., 2013, 455 p.
- Artemiev V.B., Galkin V.A., Makarov A.M., Kravchuk I.L. & Galkin A.Val. Mekhanizm predotvrashcheniya realizatsii opasnoj proizvodstvennoj situatsii [Tool for hazardous industrial event occurrence elimination]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2016, No. 5, Pp. 73-77. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/052016.pdf> (accessed 15.10.2018).

- Tarazanov I.G. Itogy raboty ugol'noy promishlennosti Rossii za yanvar – mart 2012 [Russia's coal industry performance for January – March, 2012]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2012, No. 6, Pp. 48-59. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/062012.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Marinchenko A.V. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Fundamentals of health and safety]. Moscow, Publishing and Trading Corporation "Dashkov and K'", 2007, 360 p.
- Stepanov A.N. *Informatika* [Computer science]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2015, 720 p.
- Hastie T., Tibshirani R. & Friedmam J. The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction. Springer, 2003, 552 p.
- Min Chen, Shiwen Mao, Yin Zhang, Victor C.M. Leung. Big Data. Related Technologies, Challenges and Future Prospects. Springer, 2014, 100 p.
- Butorin V.K., Tkachenko A.N. & Shipilov S.A. *Prikladnoy sistemnyy analiz: kontseptual'nyy podkhod* [Application system-based analysis: conceptual approach]. Kemerovo – Moscow, Publishing Association Russian Universities, Kuzbassvuzizdat "ASSHT", 2006, 323 p.
- Bertalanffy L. An Outline of General System Theory. *British J. For Phil. of Sci.*, 1950, Vol. 2, Pp. 134-165.
- Gharajedaghi J. & Ackoff R.L. Toward Systemic Education of System Scientists. *System Research*, 1985, Vol. 2, No. 1, Pp. 21-27.
- Lewandowski A. & Werzbicki A. Theory, Software and Testing Examples in Decision Support System. Working paper WP – 88 – 071, Internationnal Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, 1988.
- Novoselov S.V. *Sistemnaya otsenka strategicheskogo razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa regiona: voprosy teorii, metodologii i praktiki (na primere TEK Kemerovskoy oblasti na period 2020-2035 gg.)* [System-based evaluation of the strategic development of the fuel and energy sector of the region: questions of theory, methodology and practice (by the example of the fuel and energy sector of the Kemerovo region for the period 2020 to 2035)]. Kemerovo, 2017, 194 p.
- Panikhidnikov S.A. & Novoselov S.V. *Innovatsii v obespechenii bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti na ugol'nykh shakhtakh Rossii*. Monografiya [Innovations in life safety in the coal mines of Russia. Monograph]. Saint-Petersburg, St. Petersburg State University of Telecommunications Publ., 2017, 212 p.
- Tarazanov I.G. Itogy raboty ugol'noy promishlennosti Rossii za yanvar – dekabr 2016 [Russia's coal industry performance for January – December, 2016]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2017, No. 3, Pp. 36-50. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/032017.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Yanovsky A.B. Osnovnye tendentsii i perspektivy razvitiya ugol'noy promyshlennosti Rossii [Main trends and prospects of the coal industry development in Russia]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2017, No. 8, Pp. 10-14. doi: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082017.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Tarazanov I.G. Itogy raboty ugol'noy promishlennosti Rossii za yanvar – dekabr 2017 [Russia's coal industry performance for January – December, 2017]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 3, Pp. 58-73. doi: 10.18796/0041-5790-2018-3-58-73. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/032018.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Glinina O.I. *Ugol'naya promyshlennost' v Rossii: 295 let istorii i novye vozmozhnosti* [The coal industry in Russia: 295 year history and new opportunities]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2017, No. 10, Pp. 4-11. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102017.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Artemiev V.B. SUEK – itogi 2017 goda [SUEK – Results of 2017]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 3, Pp. 4-13. doi: 10.18796/0041-5790-2018-3-4-13. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/bgdev/Jour/032018.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Verzhanskiy A.P. *Ekologizatsiya ugol'noy generatsii. Iz doklada na kruglom stole "O programme ekologizatsii ugol'noy generatsii Rossiyskoy Federatsii"* [Coal-fired generation greening. Excerpts from the roundtable report "On the Program of coal-fired generation greening in the Russian Federation"]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2017, No. 9, Pp. 11-16. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/092017.pdf> (accessed 15.10.2018).



## Горный инженер – это звучит гордо!

**К 90-летию Николая Константиновича Гринько**

*Редакция не могла пропустить такое знаменательное событие, как 90-летие Николая Константиновича Гринько, отметив его традиционной юбилейной заметкой или небольшим биографическим очерком.*

*Однако сам юбиляр предложил опубликовать составленный им краткий фотоочерк об основных вехах своей жизни, предварив его своим сегодняшним взглядом на прожитую жизнь.*

**Николай Константинович Гринько:**

Мой сегодняшний взгляд на смысл жизни, роль семьи, мужа и жены или принципы и кредо моей жизни: муж – добытчик, жена – хранитель семейного очага, взрослые дети должны жить отдельно и ходить к родителям и друг к другу в гости.



**Родители:**  
отец – Константин Семенович (Георгиевский кавалер),  
мать – Эмилия Николаевна

Родился я 17 декабря 1928 г. в деревне Мильковичи Новогрудского района Гродненской области Белоруссии. По национальности белорус, единственный белорус из тех мест, который посвятил всю свою жизнь горному делу и угольной промышленности.

1951 г. На пятом курсе обучения в Ленинградском горном институте (ЛГИ) женился на студентке Ленинградского педагогического института Эльзе. Была шумная студенческая свадьба и с того момента мы вместе идем по жизни уже почти 70 лет.



**Отец с моим сыном Сергеем и женой Эльзой**

10 сентября 1952 г. – удивительное совпадение – в этот день у меня родился сын Сережа, а я защитил диплом в Ленинградском горном институте. Навсегда в памяти остались ленинградский образ жизни, сообщество людей непокоренного города, особенно блокадников, уникальная архитектура, культура, блестящая плеяда профессоров прославленного института (Л.Н. Кель, Н.К. Наливкин, Б.В. Бокий, А.А. Борисов, А.П. Герман, В.Д. Слесарев, Е.Я. Махно и др.). По итогам обучения в ЛГИ (красный диплом) был рекомендован в аспирантуру, но по «рекомендации» компетентных органов Ленинграда был распределен в Донбасс (сказались годы оккупации в Белоруссии).



Октябрь 1952 г. Прибытие в Донбасс с женой и сыном. Начало работы на самой отстающей шахте с громким названием «Сталинский забой» в качестве помощника начальника участка. Дальнейшая карьерная лестница: начальник участка, главный инженер шахты, начальник шахты.

1959 г. Назначен главным инженером треста «Краснолучуголь», г. Красный Луч, Луганская область (самый молодой главный инженер треста – 31 год). В этом же году родилась дочь Ирина.



*С матерью,  
сыном и женой*



*Моя семья*

1962-1970 гг. – золотая пора и интересная работа в должности главного инженера комбината «Луганскуголь». Начальником комбината был Семен Арутюнович Саратикянц. Работа с ним носила творческий и созидательный характер.

В 1969 г. назначен заместителем министра угольной промышленности Украины. Сын учился в институте, а дочь в школе. В конце этого периода защитил кандидатскую диссертацию.

1970-1978 гг. В сентябре 1970 г. приглашен на работу в Министерство угольной промышленности СССР начальником технического управления, далее работал первым заместителем министра угольной промышленности СССР. В этот период женился сын, дочь училась в институте. В 1975 г. родилась первая внучка Татьяна.



*Н.К. Гринько, В.И. Ильин,  
С.А. Саратикянц (слева направо)*





1978-1985 гг. – министр угольной промышленности Украины. В 1981 г. родилась вторая внучка Александра.



Центр-Кадры-Уголь



Мое богатство

1985-2003 гг. – директор ИГД им. А.А. Скочинского (1985-1988 гг.), профессор кафедры Московского государственного горного университета, генеральный директор ЗАО СП «Центр-Кадры-Уголь». На этом отрезке пути жизнь подарила мне трех замечательных внуков: Николая, Гиоргия и Петра.

2003-2010 гг. – руководитель проекта, генеральный директор вновь созданного в Карелии карьера «Прионежский габбро-диабаз» по производству щебня из габбро-диабаз.

Прибыли в Донбасс трое: я, жена и сын. В течение всей моей трудовой деятельности (с 1952 г.) семейство Гринько выросло до 15 человек. Мы с женой придерживались принципов, заложенных в начале семейной жизни: муж обеспечивает содержание семьи, жена воспитывает детей и по совместительству мой «беспощадный критик». Мои взрослые внуки уже живут своими семьями, поддерживают теплые взаимоотношения как между собой так и с дедушкой и бабушкой.



Правнуки

Отмечая мой 90-летний юбилей, мы с женой радуемся правнукам – Кире и Саше. И если кто-то из них свяжет свою судьбу с инженерной специальностью, то пусть прочтут наш послы: горный инженер – это звучит гордо! Подтверждением этому служит мой жизненный и производственный опыт – главный инженер шахты, треста, комбината, технического управления, министр, депутат Верховного Совета Союза, профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники.

Количественное и качественное развитие семьи – это подвиг родителей, сохранивших свое постоянство и жизнь среди родных, родственников, учителей, друзей и товарищей.

Добрая память о совместной работе и взаимопомощи сохранится навсегда!

**Работники угольной промышленности, горнотехническая общественность, друзья и коллеги по работе, редколлегия и редакция журнала «Уголь» от всей души поздравляют Николая Константиновича Гринько с замечательным юбилеем и желают ему крепкого здоровья, долгих лет жизни, огромного человеческого счастья и благополучия всей его семье!**

## Фоторабота проекта «Люди угля» вошла в число лауреатов американской премии 2018 International Photography Awards Фонда The Lucie Awards

*Фоторабота проекта «Люди угля» вошла в число лауреатов американской премии 2018 International Photography Awards Фонда The Lucie Awards.*



**СУЭК**  
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

экспозиции выставки «Гордость России – шахтеры», посвященной юбилею празднования Дня шахтера, которая прошла в Центральном доме художника в Москве. В 2018 г. выставка «Люди угля» прошла в Кузбассе, Хакасии, Красноярском крае, в Китае.

Международная премия фотографии фонда Lucie Foundation проходит ежегодно среди профессиональных, любительских и студенческих фотографов. В состав жюри входят более 80 фоторедакторов, арт-директоров, кураторов, коллекционеров со всего мира. Торжественная церемония награждения проходит в Карнеги-Холле в Нью-Йорке.

«Люди Угля» – фотопроект, созданный фотографом Максимом Мармуром по заказу АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК). Впервые фотографии из проекта «Люди угля» были показаны в 2016 г. на Международном фестивале фотографии PhotoVisa, Россия. В апреле 2017 г. они были представлены на Итальянском фотографическом профессиональном форуме FIOF в Орвието и совершили турне по другим городам Италии. В сентябре 2017 г. «Люди угля» стали финальным аккордом



## СУЭК поддержала Премию «Импульс добра»

*4 октября 2018 г. в Москве прошла церемония награждения лауреатов ежегодной Премии за вклад в развитие и продвижение социального предпринимательства в России «Импульс добра». АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) выступила официальным партнером Премии.*

В рамках церемонии заместитель генерального директора АО «СУЭК», президент Фонда «СУЭК – РЕГИОНАМ» Сергей Григорьев и заведующая кафедрой проблем конвергенции естественных и гуманитарных наук СПбГУ Татьяна Черниговская вручили награду победителю в номинации «За лучший проект социального предпринимательства в сфере цифровой экономики» - директору компании «Элита плюс» Павлу Осипову. Компания «Элита плюс» создала первый в мире компьютер для слепых, слабовидящих и слепоглухих людей ElBraille, использующий систему Брайля, который сегодня поставляется в 23 страны мира. Благодаря этому компьютеру слабовидящим людям стали доступны все возможности цифрового мира, они могут полноценно учиться и работать.

На церемонии **Сергей Григорьев** сказал: «Фонд «Наше будущее», учредивший премию, - один из самых уважаемых и активных в нашей стране. Мы гордимся тем, что являемся партнерами этого замечательного фонда и очень нуж-

ной и важной для нашего общества премии. СУЭК одной из первых в стране поддержала развитие социального предпринимательства, мы уже помогли воплотить в жизнь более сотни таких проектов. Я уверен, что таких проектов должно в нашей стране становиться все больше и рад тому, что премия «Импульс добра» придает мощный импульс развитию этого процесса».

«Импульс добра» – ежегодная всероссийская премия, вручаемая за вклад в развитие и продвижение социального предпринимательства. Премия учреждена Фондом «Наше будущее» в 2011 г. За шесть лет награда была вручена 68 лауреатам из 17 регионов России, в число которых вошли социальные предприниматели, руководители госструктур и профильных ведомств, представители общественных организаций, СМИ и вузов. Лауреатов премии «Импульс добра» определяет Общественный совет Фонда «Наше будущее», в состав которого входят деятели культуры, руководители государственных и общественных организаций, представители органов исполнительной и законодательной власти. Председателем Общественного совета является учредитель Фонда «Наше будущее» Вагит Алекперов.

СУЭК, которая поддерживает проекты социального предпринимательства с 2012 г., дважды становилась победителем премии.

## АО «Дальтрансуголь» стал лучшим партнером ДВЖД в 2018 г.

*5 октября 2018 г. своего лучшего партнера – АО «Дальтрансуголь» – дипломом «За обеспечение стабильной выгрузки» наградило ОАО «РЖД» в лице начальника Дальневосточной железной дороги Н.В. Маклыгина. Вручение диплома за эффективную совместную работу было приурочено к 15-летию Российских железных дорог.*



Мощности порта пока существенно превышают текущую провозную способность железной дороги и позволяют АО «Дальтрансуголь» обеспечивать ускоренную обработку вагонов, поступающих с сети ОАО «РЖД». Выгрузка вагонов растет с развитием Восточного полигона РЖД. Реконструировано и построено немало станций, на некоторых перегонах проложены вторые пути, завер-

шается реализация проекта БАМ – Транссиб и готовится следующий этап – БАМ 2. За счет модернизации с 2013 г. ДВЖД в среднем ежегодно увеличивает провозную способность на 7-10%, что позволяет обеспечивать рост грузопотока в направлении порта.

В целом, к 2025 г. потребность Ванинского транспортного узла в развитии железнодорожных подходов составит 105 млн т в год, о чем губернатор Хабаровского края заявил на Комиссии по ТЭК под руководством Президента России В.В. Путина. В результате в проект АО «РЖД» БАМ 2 стоимостью 700 млрд руб. включены электрификация участка Волочаевка – Ванино, устройство вторых путей, строительство второго моста через р. Амур и другие мероприятия, направленные на снятие всех ограничений. В рамках указанного проекта только со стороны ОАО «РЖД» 250 млрд руб. будет проинвестировано в инфраструктуру ДВЖД в Хабаровском крае.

СУЭК планирует развитие мощности терминала АО «Дальтрансуголь» до 40 млн т в год к 2023 г., стоимость инвестиций составит более 20 млрд руб. Компания продолжает инвестировать средства в мощности по погрузке и выгрузке угля для улучшения перевозочного процесса, а также в расширение парка железнодорожных вагонов под управлением, который составляет 43 000 единиц.

В течение всех лет взаимодействия с железными дорогами АО «Дальтрансуголь» показывало себя надежным и ответственным партнером при осуществлении транспортировки угля. АО «Дальтрансуголь» при этом является самым современным действующим и одним из самых эффективных специализированных терминалов в России. Оборот вагонов на терминале не превышает 5 ч в сутки. По этому показателю АО «Дальтрансуголь» находится в числе лучших по рейтингу МорцентрТЭК. Объем переработки грузов в 2018 г. ожидается более 20 млн т. Мощность терминала в настоящее время составляет 24 млн т. В 2018 г. ОАО «РЖД» и АО «Дальтрансуголь» подписали Соглашение об увеличении нормы погрузки в адрес порта до 950 вагонов в сутки, что позволит переваливать свыше 25,5 млн т в год. Терминал АО «Дальтрансуголь» за последнее время достиг целого ряда рекордных показателей в Российской Федерации. Так, за рекордную скорость погрузки (на судно Genco Constantine было погружено 130 239 т угля за сутки) работники предприятия получили награды Минтранса. В мае 2017 г. терминал осуществил рекорд страны по суточной выгрузке вагонов на угольном терминале – 1400 ваг/сут. (уровень 37 млн т в год). А в ноябре 2014 г. на терминале был загружен на 165 000 т самый большой сухогруз в стране K.S.L. San Francisco дедевйтом 180 960 т.



## Горноспасатели Березовского разреза показали свое мастерство на международном уровне

*Вспомогательная горноспасательная команда Березовского разреза, предприятия Сибирской угольной энергетической компании в Красноярском крае, приняла участие в XI Международных горноспасательных соревнованиях «IMRC RUSSIA-2018». Большой чемпионат с участием 25 команд из 12 стран мира проходил с 22 по 29 сентября 2018 г. в Екатеринбурге. На счету красноярских горноспасателей два первых места: в номинации-этапе «Виртуальная шахта» и горноспасательной эстафете. В общекомандном зачете они заняли 10-е место, опередив коллег из Канады, Австралии, Китая, Индии, Польши и других стран мира.*

Подобные соревнования проводятся раз в два года под эгидой Международной горноспасательной организации IMRB. Их основная задача – содействовать повышению культуры безопасности в горной промышленности по всему миру, обеспечивать обмен опытом между горноспасательными подразделениями, приобретение ими новых знаний и навыков.

Прошедшие соревнования включали несколько дисциплин: кроме горноспасательной эстафеты и спасательной операции в «Виртуальной шахте» это теоретический экзамен, выполнение работ по пожаротушению, оказанию первой помощи, спасательная операция в руднике и конкурс техников ВГК. Этапы проходили как в аудиториях Уральского государственного горного университета, на стадионе и в специально возведенной учебной шахте, так и в реальных условиях – в Шарташском гранитном карьере и шахте «Северная». Для горноспасательных команд также были организованы мастер-классы, выставки и экскурсионная программа.



Комментируя итоги выступления красноярских горняков на международном уровне, руководитель горноспасательных работ, заместитель главного инженера АО «Разрез Березовский» **Олег Гаврилов** подчеркнул, что показать достаточно высокие результаты им помогли командный дух и постоянные тренировки. «Дважды в этом году мы побывали в Кузбассе – на соревнованиях ВГК и прошли индивидуальный командный тренинг, а в Хакасии закрепили правила оказания первой помощи. Кроме того, в мае и августе-сентябре текущего года мы прошли подготовку на базе полигона в военизированном горноспасательном отряде Восточной Сибири. Такое внимание СУЭК к повышению уровня горноспасательных команд и личная заинтересованность в профессиональной работе самих бойцов ВГК приводят к закономерному результату», – рассказал он.

Немаловажную роль играет и постоянное расширение арсенала горноспасательного оборудования на предприятии. Так, с начала года на Березовский разрез по инвестиционной программе СУЭК, направленной на повышение безопасности горных работ, поступили манекен-тренажер

для обучения сердечно-легочной реанимации производства Норвегии, панорамные маски для дыхательных аппаратов с футлярами, специальная и повседневная одежда.

Добавим, сегодня нештатные горноспасательные формирования есть на каждом предприятии СУЭК. В их составе – сотрудники различных профессий, прошедшие специальное обучение. В случае аварии, пожара или другой чрезвычайной ситуации добровольцы оказываются на месте первыми, еще до прибытия профессиональных спасателей. Общая численность таких команд в компании превышает 1400 человек.





## СУЭК стала победителем конкурса МедиаТЭК-2018

*В рамках деловой программы международного форума «Российская энергетическая неделя» в начале октября 2018 г. прошла церемония награждения победителей Всероссийского конкурса средств массовой информации, пресс-служб компаний ТЭК и региональных администраций «МедиаТЭК-2018».*



АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) получило награды сразу в двух номинациях – «Популяризация профессий ТЭК» и «Лучшее корпоративное СМИ». Награду заместителю генерального директора АО «СУЭК» **Сергею Григорьеву** вручили министр энергетики Российской Федерации Александр Новак и пресс-секретарь Президента России Дмитрий Песков.

Приз в номинации «Популяризация профессий ТЭК» присужден СУЭК за комплексный проект «70-летие Дня шахтера». В течение 2017 года СУЭК реализовала около 200 мероприятий в рамках празднования профессионального праздника горняков России. Среди задач проекта - укрепление престижа шахтерской профессии, информирование жителей нашей страны о важности угольной отрасли для социально-экономического развития России.

«70-летие Дня шахтера, которое праздновалось в 2017 г. – очень важная для всей угольной отрасли дата. К ней было приурочено множество самых разных мероприятий, важнейшим из которых стал торжественный вечер в Кремле с участием Президента России Владимира Путина», - отметил **Сергей Григорьев**

в ходе церемонии вручения наград. Он подчеркнул, что Министерство энергетики России, СУЭК и другие угольные компании страны достойно отпраздновали юбилейный профессиональный праздник. В Москве, например, прошла уличная выставка на Тверском бульваре, а потом – масштабная фотовыставка в Центральном доме художника. В регионах прошла Шахтерская олимпиада, проводились спортивные соревнования, открывались памятные аллеи, а в праздничные дни шахтерские города и поселки с концертами посетили лучшие отечественные звезды.

Кроме того, первое место как «Лучшее корпоративное СМИ» среди компаний ТЭК завоевала газета «События и люди», рассказывающая о деятельности СУЭК. Александр Новак и Дмитрий Песков поблагодарили руководителя проекта **Евгению Филитову** за высокий профессионализм и творческий подход и пожелали дальнейших успехов на издательском поприще.

*Наша справка.*

АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) – одна из ведущих угледобывающих компаний мира, крупнейший в России производитель угля, крупнейший поставщик угля на внутренний рынок и на экспорт, один из ведущих производителей тепла и электроэнергии в Сибири. Добывающие, перерабатывающие, энергетические, транспортные и сервисные предприятия СУЭК расположены в 11 регионах России. На предприятиях СУЭК работают более 66 000 человек. Основной акционер – Андрей Мельниченко.

Пресс-служба АО ХК «СДС-Уголь» информирует

## 30-миллионную тонну угля добыли на разрезе «Первомайский»

# СДС УГОЛЬ

**На разрезе «Первомайский» (ООО «Шахтоуправление «Майское», АО ХК «СДС-Уголь») в начале октября 2018 г. состоялось торжественное мероприятие, посвященное добыче 30-миллионной тонны угля со дня основания предприятия.**

В торжественном мероприятии приняли участие председатель территориальной организации Росуглепрофа г. Прокопьевска и Прокопьевского района **Александр Базаркин**, заместитель генерального директора по производству АО ХК «СДС-Уголь» **Игорь Балашов**, генеральный директор ООО «Шахтоуправление «Майское» **Олег Рудаков** и коллектив разреза. Добычу юбилейной тонны произвел бригадир экипажа экскаватора Liebherr R-9200 № 41 **Александр Анатольев**.

Разрез «Первомайский» был запущен в эксплуатацию в мае 2012 г. Значимого результата в 30 млн т коллектив достиг на шестой год со дня основания предприятия. В первый год работы объем добычи угля на разрезе составил 1,9 млн т. По итогам 2017 года было добыто 6 млн т угля. За 2018 г. горняки разреза «Первомайский» планируют добыть 6,7 млн т угля.

«2018 год для предприятий СДС-Угля богат на значимые события. Летом юбилейную 200-миллионную тонну добыл разрез «Черниговец», Прокопьевский угольный разрез добыл 50-миллионную тонну со дня основания предприятия, – отметил заместитель генерального директора по

производству АО ХК «СДС-Уголь» **Игорь Балашов**. – Разрез «Первомайский» – одно из самых молодых и динамично развивающихся предприятий холдинга. Сегодняшний показатель 30 млн т добычи – это только начало славного пути. В перспективе это будет, я уверен, одно из самых крупных угледобывающих предприятий как области, так и России».

На территории ООО «Шахтоуправление «Майское» сформирован парк высокопроизводительного оборудования. Построен самый большой в Сибири бокс для проведения технического и сервисного обслуживания горнотранспортного оборудования. Построена железнодорожная станция «Первомайская» с погрузочной способностью 5 млн т в год. Запущены в эксплуатацию три горных участка.

«Разрез «Первомайский» – предприятие с амбициозными планами развития, – говорит генеральный директор ООО «Шахтоуправление «Майское» **Олег Рудаков**. – Среди инновационных планов – внедрение беспилотных самосвалов, строительство первой обогатительной фабрики в 2019 г. и второй – к 2025 г., развитие погрузочных станций «Первомайская» и «Терентьевская», перенос дороги общего пользования. Благодаря реализации намеченного мы планируем добывать 15,5 млн т угля ежегодно к 2035 г.»

По итогам месячника безопасного высокопроизводительного труда и первого полугодия 2018 г. ООО «Шахтоуправление «Майское» признано лучшим предприятием с открытой добычей угля в Кемеровской области.

Игорь Балашов вручает почетный наряд бригадиру



И. Балашов, О. Рудаков, А. Базаркин и экипаж экскаватора Liebherr R-9200 № 41



Торжественное собрание коллектива



Добыча 30-миллионной тонны

## Корпоративный фильм СУЭК о шахтерском труде получил Золотого дельфина Каннского фестиваля



*Фильм Сибирской угольной энергетической компании «Пределы совершенства» стал золотым призером Cannes Corporate Media & TV Awards – одного из самых престижных фестивалей корпоративных фильмов в мире.*



Фильм прослеживает один обычный день жизни шахтера Евгения Косьмина – бригадира очистного коллектива шахты имени В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс». Видеоряд сопровождается размышлениями дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта Алексея Леонова, дирижера с мировым именем Юрия Башмета, Олимпийского Чемпиона по хоккею Вячеслава Фетисова, Народного артиста России Сергея Гармаша о том, какими качествами должен обладать человек их профессии, чтобы добиваться успехов. Для хоккеиста – это нацеленность на победу и сплоченность команды, для космонавта – самообладание в любых, в том числе стрессовых, ситуациях, при освоении неизведанного, для дирижера – умение управлять большим коллективом, для актера – мастерство и служение своему призванию. В ходе сравнительно небольшого по хронометражу фильма выясняется, что всеми этими качествами в своей работе обладает и обычный шахтер.

Фестиваль Cannes Corporate Media & TV Awards в этом году поставил рекорд по участникам – более 1000 заявок из десятков

стран мира. По итогам голосования жюри, включающего экспертов из разных стран, проект СУЭК победил в одной из самых конкурентных номинаций – интегрированные коммуникации (Corporate Films and Videos, A6 – Integrated Communication).

*«Сегодня шахтера нужно называть оператором различных подземных механизмов. Профессия уже давно стала интеллектуальной, а отбойный молоток превратился, скорее, в музейный экспонат, – говорит продюсер и автор идеи фильма, заместитель генерального директора АО «СУЭК-Кузбасс» **Петр Пинтусов**. – Наш проект представлял Россию, Кузбасс и всю угольную отрасль страны. И я очень горжусь тем, что мы сумели завоевать признание мирового сообщества в области корпоративных медиа».*

Фильм «Пределы совершенства» уже отмечен международными и российскими наградами. В мае 2018 г. этот фильм стал серебряным призером US International Film & Video Festival (Лос-Анжелес, США). В России – победитель Всероссийского конкурса средств массовой информации, пресс-служб компаний ТЭК и региональных администраций «МедиаТЭК-2017» в номинации «Популяризация профессий ТЭК», обладатель гран-при премии «Серебряный лучник-Сибирь».

Премьера фильма состоялась на Президентском вечере в Кремле в честь 70-летия Дня шахтера с участием Президента России Владимира Владимировича Путина.

Фильм можно увидеть по ссылке: <https://www.youtube.com/watch?v=C8VYaLfp5OY>





**MiningWorld**  
Russia

# MiningWorld

23-я Международная выставка  
машин и оборудования  
для добычи, обогащения  
и транспортировки  
полезных ископаемых

23–25 апреля 2019  
Москва, Крокус Экспо

Подробнее о выставке  
[miningworld.ru](http://miningworld.ru)



Пройдет совместно  
с выставками



**MIOGE**  
Moscow



**АНАЛИТИКА**  
ЭКСПО



Организатор  
Группа компаний ITE  
+7 (499) 750 08 28

12+

## Сотрудники ООО «Приморскуголь» награждены государственными наградами

*Указом Президента Российской Федерации за заслуги в области угольной промышленности и многолетнюю добросовестную работу медалью Ордена «За заслуги перед Отечеством II степени» удостоены машинист экскаватора разрезоуправления «Новошахтинское» Максим Довгушев и заместитель директора по производству производственной единицы «Артемовское ремонтно-монтажное управление» Юрий Горбенко.*

Награды работникам ООО «Приморскуголь» вручил врио губернатора Приморья Олег Кожемяко 20 октября 2018 г. на торжественном собрании в честь 80-летия образования Приморского края.

**Максим Довгушев** трудится на предприятии с 2002 г., с 2015 г. возглавляет экипаж экскаватора HITACHI 2500 № 4. Его бригада – одна из лучших на предприятии, при ее участии в кратчайшие сроки введена в эксплуатацию новая современная техника – экскаваторы HITACHI с вместимостью ковша от 3,3 до 15 куб. м. Плановая



производительность каждой такой машины - 5,5 млн куб. м породы в год.

**Юрий Горбенко** трудится в угольной промышленности более 38 лет, прошел путь от старшего мастера до заместителя директора по производству. Под его руководством на предприятии внедрены многие технические решения, направленные на улучшение усло-

вий работы и качество выпускаемой продукции. Так, под началом Ю.В. Горбенко были построены установка сухого обогащения угля шахтоуправления «Восточное», технологический комплекс по доставке угля на пункт погрузки «Восток-2» в разрезоуправлении «Новошахтинское». В настоящее время предприятие оказывает услуги по ремонту электрических машин, горнотранспортного оборудования, выпуску запасных частей, изготовлению металлоконструкций предприятиям не только Приморского края, но и Сахалинской и Амурской областей.

С получением высоких государственных наград работников предприятий поздравил генеральный директор ООО «Приморскуголь» **Александр Заньков**, подчеркнув, что это результат упорного повседневного труда, равнодушного отношения и творческого подхода к выполнению поставленных перед производством задач.

Отметим, что глава ООО «Приморскуголь» в честь юбилея края награжден знаком отличия «Приморье. За заслуги».

## АО «Дальтрансуголь» и ПАО «ММТП» стали победителями конкурса «Лидер природоохранной деятельности России – 2018»

*Общественно-экспертная комиссия XIV Всероссийского конкурса «Лидер природоохранной деятельности России – 2018», организованного в рамках Международного форума «Содействие модернизации и инновациям России» и АНО «Мир активного долголетия», в ходе церемонии награждения 24 октября 2018 г. удостоила АО «Дальтрансуголь» звания победителя в номинации «За экологическую ответственность», а ПАО «ММТП» – звания победителя в номинации «Лучшее градообразующее предприятие».*

Экологический конкурс «Лидер природоохранной деятельности России» проводится в России ежегодно по инициативе международного форума «Мировой опыт и экономика России». В состав жюри конкурса вошли представители федеральных министерств, профильных комите-



тов Совета Федерации и Госдумы ФС РФ, руководители общественных организаций, известные ученые и ректоры вузов.

Среди целей конкурса - общественное поощрение промышленных предприятий за системную работу, способствующую устойчивому развитию российской экономики, улучшению здоровья населения и обеспечению экологической безопасности.

Полученные АО «Дальтрансуголь» и ПАО «ММТП» награды подтверждают статус экологической ответственности предприятий, являются свидетельством общественного признания общих достижений в области охраны окружающей среды, создания условий безопасного производства. Благодаря системному, комплексному подходу в работе Мурманский морской торговый порт и Дальтрансуголь достигли положительной динамики в области снижения загрязняющих выбросов.

## Молодых и способных ждут в команду!

**12 октября 2018 г. в разрезеуправлении «Новошахтинское» ООО «Приморскуголь» состоялся день открытых дверей. Гостями горняков стали ученики школ поселка и студенты Партизанского колледжа. Ребята смогли увидеть весь процесс добычи угля, познакомиться с угледобывающим производством, вникнуть в тонкости горняцкой профессии.**

«У нас есть, что показать и о чем рассказать, чем заинтересовать, – обратился к экскурсантам заместитель директора по производству РУ «Новошахтинское» **Иннокентий Шестаков.** – На данный момент мы добились высоких показателей

по производительности труда и эффективности производства. У нас люди уверены, что они придут на работу и уйдут отсюда целыми и невредимыми, получив при этом заработную плату стабильную и довольно высокую для Приморского края, так же весь соцпакет: медицинское обслуживание бесплатное для работников предприятия, льготы на питание и многое другое».

На смотровой площадке угольного разреза «Павловский» № 2 перед гостями открылась вся панорама работы горняков.

Максимальный уровень годовой добычи был зафиксирован здесь на отметке 4,5 млн т. За период в составе СУЭК в РУ «Новошахтинское» реализуется программа техперевооружения, в рамках которой: был увеличен парк большегрузных машин; произведена замена экскаваторов с прямой мехлопатой на гидравлические экскаваторы с обратной лопатой, что позволило сократить потери угля и стабилизировать ведение горных работ. На предприятии введен в эксплуатацию конвейерный комплекс по бесперебойной доставке добытого угля на технологический комплекс поверхности для его последующей переработки и отгрузки потребителям.

В 2017 г. РУ «Новошахтинское» установило рекорд по отгрузке угля за месяц в объеме 525 000 т. Как рассказал за-



меститель главного инженера предприятия **Сергей Косых**, после внедрения конвейерного комплекса на предприятии значительно сокращены издержки на транспортировку угля, доставку из добычной зоны на пункт переработки, что,

соответственно, положительно сказывается на стоимости для конечного потребителя.

В РУ «Новошахтинское» реализуются проекты, направленные на взаимодействие с подрастающим поколением. Мероприятия предусматривают активное участие работников, привлечение детей, учащихся и жителей территорий присутствия компании.

Активные помощники – трудовые отряды СУЭК. Летом школьники приняли участие во Всероссийской акции «Вода России». Участники акции произвели уборку берегов реки Абрамовка у Лузановского моста – одного из популярных мест рыбалки жителей горняцкого поселка.

Проект «Трудовые отряды СУЭК» реализуется на территориях присутствия СУЭК в Приморье с 2013 г. Его цель – привлечь подростков к реализации на территории горняцкого поселка социально значимых проектов по благоустройству, формированию трудовых навыков у молодежи в целях профилактики безнадзорности и правонарушений в подростковой среде.

Ежегодно в летний период организуются смены трудовых отрядов СУЭК. Юные жители в возрасте от 14 до 17 лет занимаются благоустройством родных поселков.



## На предприятиях СУЭК Забайкалья прошли Дни открытых дверей

*На предприятиях Сибирской угольной энергетической компании в Забайкальском крае в октябре 2018 г. прошли Дни открытых дверей. На «Харанорском», «Апсатском», «Восточном» разрезах и Черновском ремонтно-механическом заводе школьники и студенты ознакомились с производством.*

Разрез «Восточный» (ООО «Читауголь») посетили учащиеся Забайкальского горного колледжа им. М.И. Агошкова. На предприятии им не только рассказали, но и показали, как организован производственный процесс, какая техника задействована на добыче угля.

«Будучи еще школьницей, я была на экскурсии на Харанорском разрезе. Эта поездка меня очень впечатлила. Еще тогда я решила поступать на горное дело. Сегодня благодаря этой экскурсии термины и определения, которые мы изучаем в теории в колледже, стали для всех нас намного яснее и понятнее. После окончания колледжа я хочу продолжить обучение в МИСиС», – поделилась впечатлениями и планами **Арина Засухина**, студентка 3 курса по направлению «Открытые горные работы» Забайкальского горного колледжа.

Под впечатлением остались и учащиеся школы № 44 Черновского района г. Читы. Для них была организована экскурсия на Черновский ремонтно-механический завод. Школьники побывали в сварочном и электроремонтном цехах, а также в цехе термической резки металла. Ребята узнали, какое оборудование задействовано при изготовлении ковшей, рукоятей и стрел экскаваторов, какой тип стали используется. Не меньший интерес вызвал у подростков и ремонт электродвигателей.

Кстати, среди школьников нашлись и будущие кадры. **Степан Шукшин**, учащийся 9 класса школы № 44, оценил мощности производства и отметил, что готов пойти сюда работать. Юноша уверен, сейчас рабочие специальности в тренде. «Я бы пошел работать сюда токарем или сварщиком. Мне нравятся эти профессии. Я еще с детства



*любил наблюдать, как мой отец занимался сварочным делом. На ремонтно-механическом заводе я впервые и очень удивлен, что у нас есть такое предприятие и оно изготавливает продукцию такого масштаба. Это электродвигатели и ковши на горную технику. Я рад, что здесь побывал».*

Дни открытых дверей также проходили на Апсатском и Харанорском разрезах. Подобные экскурсии входят в программу СУЭК по профессиональной ориентации молодежи. Кроме того, это повышает престиж шахтерской профессии.

«К нам на производство приезжают школьники во время летних каникул в составе трудовых отрядов СУЭК, приходят на практику студенты профильных техникумов и колледжей. Мы заинтересованы в молодых специалистах, поэтому с удовольствием рассказываем и показываем, как работают сейчас горняки, какая у нас новая техника добывает уголь, каких рекордов мы добиваемся. Весь опыт наши горняки передают молодому поколению. Ведь кадры для нас – главный актив», – рассказал генеральный директор АО «Разрез «Харанорский» **Георгий Циношкин**.



## На красноярских предприятиях СУЭК прошли Дни открытых дверей

*Почти 500 школьников и студентов Красноярского края побывали на красноярских предприятиях АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) в течение 2018 года. Акции в формате «День открытых дверей» – часть профориентационной программы угольщиков. Во время таких экскурсий учащиеся не только знакомятся с добычей угля и сервисными производствами, но и встречаются с передовиками и ветеранами, узнают о специальностях, наиболее востребованных на предприятиях СУЭК, кадровых программах и социальной политике.*

Только с начала осени гостями угольщиков стали более 200 ребят: в сентябре экскурсантов принимали Березовский разрез и Бородинский ремонтно-механический завод, а в октябре День открытых дверей прошел в Назаровском горно-монтажном наладочном управлении. В Назаровском ГМНУ побывали студенты Назаровского энергостроительного техникума. Будущим электромеханикам и техникам-электрикам рассказали о том, какие горные машины задействованы на предприятиях СУЭК, как они устроены, а также



отдельно остановились на самых показательных примерах модернизации гигантской техники, которые были выполнены сотрудниками Назаровского ГМНУ в разных регионах страны. Студенты осмотрели цеха, познакомились с продукцией и

услугами – им, в частности, показали, как комплектуются высоковольтные ячейки ЯКНО и производится ремонт электродвигателей и электрических машин постоянного тока.

«Дни открытых дверей мы проводим регулярно, – говорит руководитель ООО «Назаровское ГМНУ» **Николай Бережецкий**. – Такие мероприятия позволяют студентам, которых мы расцениваем как наших потенциальных сотрудников, познакомиться с деятельностью предприятия, его планами и перспективами, задать интересующие вопросы. Во время экскурсии мы рассказываем не только об истории создания и основных направлениях деятельности Назаровского ГМНУ, но и о социальной политике СУЭК, направленной на благополучие коллектива компании».

После посещения производства студенты получили сувениры от Назаровского ГМНУ и обсудили возможность прохождения производственной практики на предприятии.



## В Управлении дегазации и утилизации компании «СУЭК-Кузбасс» прошла встреча со старшеклассниками школ Ленинска-Кузнецкого

*В рамках Всероссийской акции «Неделя без турникетов» (октябрь 2018 г.) на предприятиях компании «СУЭК-Кузбасс» прошли встречи с учениками школ и студентами техникумов и колледжей.*

Представители предприятия УДиУМ (г. Ленинск-Кузнецкий) провели ознакомительную экскурсию по объектам шахты им. С.М. Кирова. Учащиеся смогли познакомиться с работой вакуум-насосной станции (ВНС), модулем контроля работы вакуум-насосной станции (ВНС), газомоторов КТЭС и котельной. Начальник участка СУ-1

**Денис Дайнеко** разъяснил ребятам, что ВНС представляют собой установки по извлечению газа метана из шахт. По его словам, объект требует обслуживания специалистами высокого класса, поскольку станция оснащена современными датчиками контроля разряджения и давления, датчиками температуры, расхода воды и воздуха, контроля состава метановоздушной смеси.



Начальник котельной **Алексей Созинов** отметил, что такой котельной, работающей на совместном сжигании метана и угля нет больше нигде в мире. Котельная шахты им. С.М. Кирова дает тепло на все объекты шахты, шахтерские мойки и даже обогревает забои.

Заместитель директора по персоналу и АХД **Андрей Коньшев** пригласил учеников школ стать в перспективе работниками современного предприятия УДиУМ. На предприятии организована система, направленная на повышение безопасности производства горных работ

шахт АО «СУЭК-Кузбасс», разработаны технологии и механизмы преобразования и использования для собственных нужд предприятий АО «СУЭК-Кузбасс» газа метана, тем самым ограничивая его выбросы в окружающую среду. Ребята с большим интересом задавали вопросы, интересовались техническими подробностями.

# ВЕИР МИНЕРАЛЗ совместно с АНДРИТЦ извлекают пользу из хвостов



*Компания «ВЕИР МИНЕРАЛЗ» (WEIR MINERALS) объявила о заключении соглашения с международным машиностроительным концерном «АНДРИТЦ» (ANDRITZ) о долгосрочном стратегическом сотрудничестве в области поставки оборудования для обработки хвостов в горнодобывающей отрасли.*

В рамках данного соглашения АНДРИТЦ обеспечит поставку проверенных технологий сепарации и обезвоживания, благодаря чему ВЕИР МИНЕРАЛЗ сможет предложить своим клиентам комплексные решения для работы с хвостами.

«На рынке наблюдается рост проектов, связанных с управлением хвостами, обусловленный давлением со стороны природоохранных и правительственных органов. Мы понимаем, что на наших клиентов оказывается повышенное давление в вопросах улучшения технологий обработки и складирования хвостов, именно поэтому мы начали сотрудничество с АНДРИТЦ. Наша компания как ведущий производитель оборудования для переработки минерального сырья представлена на рынке такими широкоизвестными брендами, как *Warman*®, *GENO*® и *Savex*®, обслуживание которых осуществляется по всему миру. Наши возможности, объединенные с широчайшими знаниями АНДРИТЦ в области сгущения и фильтрации, позволяют поставлять нашим клиентам комплексные решения по переработке хвостов», – заявил **Рикардо Гариб**, управляющий директор дивизиона «ВЕИР МИНЕРАЛЗ».

«Наши технологии сепарации опробованы во многих отраслях: производство пищевых продуктов и напитков, химическая продукция, биомасса, органические отходы и разработка полезных ископаемых. Мы очень гордимся сотрудничеством с компанией «ВЕИР МИНЕРАЛЗ», осуществляющей свою деятельность

более чем в 70 странах мира, в том числе в самых отдаленных уголках. Также мы гордимся тем, что благодаря нашему опыту и уникальным передовым технологиям производства мы вносим свой вклад в создание надежных и рациональных решений по переработке хвостов», – отмечает **Олаф Мюллер**, руководитель отдела развития бизнеса дивизиона «Separation» компании «АНДРИТЦ».

На протяжении вот уже нескольких десятилетий ВЕИР МИНЕРАЛЗ поставляет экологически безопасные и экономически эффективные решения по транспортировке, складированию и переработке отходов для объектов горнодобывающей отрасли по всему миру. Широко известные насосы объёмного действия *GENO*® позволяют перекачивать руду, концентрат и хвосты в экстремальных условиях, обеспечивая при этом минимальное водо- и энергопотребление.

В 2016 г. ВЕИР МИНЕРАЛЗ открыла Технический центр Weir, который позволил компании расширить спектр глобальных предложений в области работы с хвостами за счет расчета, проектирования и полупромышленных испытаний систем гидротранспорта, а также производства специализированной продукции для хвостовых хозяйств на их основе.

ВЕИР МИНЕРАЛЗ является ведущим поставщиком надежных решений для хвостовых хозяйств, которые позволяют обеспечить безопасность и здоровье как работников объекта, так и местного населения, а также максимально снизить воздействие на окружающую среду.

**Рикардо Гариб** добавляет: «Данное соглашение является идеальным дополнением к нашим существующим решениям для хвостовых хозяйств и позволяет поставлять нашим клиентам комплексные решения в области работы с хвостами. С данного момента мы начинаем поставлять нашим клиентам ряд технических решений в области механической сепарации под торговой маркой *IsoDry*: сгустители, фильтр-прессы, центрифуги и вакуумные ленточные фильтры».

## Почему сухие хвосты?

Технология сухого складирования позволяет размещать вредные отходы производства безопасным методом в виде сухого кека. Такая процедура является более безопасной и экологичной по сравнению с другими решениями и позволяет улучшить процесс извлечения технологических химреагентов и получения чистой воды.

Решения ВЕИР МИНЕРАЛЗ являются еще одним шагом вперед к обеспечению устойчивого управления, при котором хвосты рассматриваются с точки зрения возможности их превращения в эффективную продукцию, которая снижает затраты и риски для операторов.

«Сухое складирование хвостов достигается применением различных ленточных, барабанных и дисковых систем вакуумной фильтрации. Мы очень рады, что теперь имеем возможность предложить данное решение нашим клиентам, а также улучшить эксплуатационные ха-

рактеристики и эффективность процессов в хвостовом хозяйстве.

Наша уникальная возможность предложить решение в области приготовления и транспортировки закладочных смесей на основе хвостов, а также повысить возврат воды из хвостовой пульпы позволит нашим клиентам значительно сократить их затраты и риски. Наше предложение по технологиям для хвостовых хозяйств, имеющим всемирную известность благодаря высоким эксплуатационным характеристикам, в сочетании с возможностью международного обслуживания позволяет нашим клиентам получить высококачественные технологии обработки хвостов», – заключил **Рикардо Гариб**.

#### Наша справка.

ООО «Веир Минералз РФЗ» является 100%-ным дочерним обществом компании «Weir Minerals», мирового лидера в области производства и обслуживания шламового оборудования, такого как насосы, гидроциклоны, клапаны, оборудование для измельчения и грохочения, резиновые и износостойкие футеровки для энергетического сектора, горнодобывающей отрасли и промышленности общего назначения. ООО «Веир Минералз РФЗ» включает в свою структуру несколько обособленных подразделений, расположенных на всей территории страны от Санкт-Петербурга до Чукотки. Помимо офисов продаж в Центральном, Северо-Западном, Южном федеральных округах, в Сибири, Якутии, на Урале и Дальнем Востоке ООО «Веир Минералз РФЗ» осуществляет поддержку в 10 сервисных центрах на территориях заказчиков по всей России.

#### ООО «Веир Минералз РФЗ»

127083, г. Москва, ул. 8 Марта, д. 1, стр. 12  
Тел.: +7 (495) 775-08-52  
www.minerals.weir

## В Бородино прошли учения по ликвидации чрезвычайных ситуаций на производстве

Розливом и возгоранием дизельного топлива обернулась заправка топливной емкости на одном из крупных промышленных предприятий г. Бородино. Такова была легенда комплексных учений, которые ООО «Бородинский ремонтно-механический завод», сервисное предприятие Сибирской угольной энергетической компании в Красноярском крае, провело совместно с профессиональным аварийно-спасательным формированием «ЭКОСПАС» и оперативными службами.

Согласно плану учений на Бородинском РМЗ при заправке топливной емкости в литейном участке механолитейного цеха, произошло возгорание топлива. Сработала пожарная сигнализация, началась эвакуация сотрудников. Первыми, кто включился в спасательную операцию и ликвидацию чрезвычайной ситуации (ЧС), стало нештатное аварийно-спасательное формирование (НАСФ) РМЗ. На месте также работали службы спасения, скорой помощи, пожарный расчет, красноярские спасатели.

«Цель таких комплексных учений – отработать организацию управления аварийно-спасательными работами и действия персонала при возникновении чрезвычайной ситуации на опасном производственном объекте», – поясняет инженер ГО и ЧС Бородинского РМЗ **Вячеслав Мацнев**. По его словам, подобные мероприятия проводятся на заводе регулярно, что позволяет профессиональным спасателям, их коллегам из НАСФ РМЗ и оперативным службам достичь максимальной точности и слаженности действий.

На место аварии прибывает расчет городской пожарной части. Топливозаправщик транспортирован из помещения,



огонь потушен – путь для дальнейших спасательных работ открыт. По сценарию, прибывшее на место происшествия профессиональное аварийно-спасательное формирование «ЭКОСПАС» должно найти и извлечь из-под металлических обломков одного из сотрудников литейного участка.

«Плановые учения по ликвидации чрезвычайной ситуации прошли на достойном уровне, – считает руководитель комиссии по чрезвычайным ситуациям, главный инженер Бородинского РМЗ **Сергей Тюрин**. – Комплексные учения показали, что все действовали слаженно, и за тридцать минут мы практически ликвидировали чрезвычайную ситуацию, эвакуировали сотрудников, оказали первую помощь пострадавшим».

Обеспечению безопасности на производстве в СУЭК уделяется самое пристальное внимание. Причем если на сервисных предприятиях сотрудники НАСФ в основном обучены действиям при возникновении возгораний, то на угледобывающих предприятиях сформированы нештатные вспомогательные горноспасательные команды (ВГК), готовые прийти на помощь в чрезвычайных ситуациях – от аварии на производстве до ЧС техногенного характера. Профессионализм спасателей СУЭК оценен сегодня на самом высоком уровне – на прошедших в Екатеринбурге в конце сентября XI Международных горноспасательных соревнованиях «серебро» взяла ВГК Шахты имени А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс». У красноярских спасателей СУЭК с Березовского разреза 10-е место среди 25 команд со всего мира, а также два «золота» в различных номинациях соревнований.

# О необходимости введения государственного стандарта для определения абразивности горных пород\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-86-91>



**ЖАБИН Александр Борисович**  
 Доктор техн. наук,  
 действительный член  
 Академии горных наук (АГН),  
 президент Тульского регионального  
 отделения межрегиональной  
 общественной организации  
 Академия горных наук (ТРО МОО АГН),  
 профессор Тульского  
 государственного университета,  
 300012, г. Тула, Россия,  
 тел.: +7 (4872) 73-44-44, 25-19-95,  
 e-mail: zhabin.tula@mail.ru



**ПОЛЯКОВ Андрей Вячеславович**  
 Доктор техн. наук,  
 академический советник АГН,  
 ТРО МОО АГН, профессор  
 Тульского государственного  
 университета,  
 300012, г. Тула, Россия,  
 тел.: +7 (4872) 25-71-05, 25-19-95,  
 e-mail: polyakoff-an@mail.ru



**АВЕРИН Евгений Анатольевич**  
 Канд. техн. наук,  
 инженер-конструктор  
 ООО «Скуратовский опытно-  
 экспериментальный завод»,  
 300911, г. Тула, Россия,  
 тел.: +7 (4872) 31-35-25, 31-36-18,  
 e-mail: evgeniy.averin.90@mail.ru

Обоснована необходимость введения государственного стандарта определения абразивности горных пород. Проведен краткий анализ существующих методов расчета расхода породоразрушающих инструментов, на основании которого выбран критерий оценки абразивности горных пород. Представлены описания оборудования и методик определения абразивности, используемых в России и за рубежом. Предложен ориентир для будущего российского стандарта в виде модернизации существующих зарубежных стандартов определения абразивности горных пород. Даны комментарии для учета отечественной специфики при разработке стандарта.

**Ключевые слова:** абразивность, горные породы, расход инструмента, индекс абразивности CAI, испытательное оборудование, предпосылки разработки государственного стандарта.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России реализуется несколько весьма крупных проектов в области строительства горнодобывающих предприятий и подземных объектов гражданской инфраструктуры. К ним, например, относятся новый Байкальский тоннель протяженностью более 6,5 км (совокупная протяженность около 10 км с учетом технических выработок), метро в Москве (в период 2017-2020 гг. планируется ввести в эксплуатацию более 130 км линий), Санкт-Петербурге и Нижнем Новгороде. В подвешенном состоянии из-за недофинансирования находятся проекты: строительства метрополитенов в Омске, Ростове-на-Дону и Челябинске, освоения Эльгинского угольного месторождения, строительства Гремяченского месторождения калийных солей, освоения месторождений природного урана Хиагдинского рудного поля. В перспективе – освоение Томинского месторождения медно-порфириновых руд и Бакчарского железорудного месторождения, не считая множества менее масштабных, но также важных для развития российской экономики проектов. Большинство из них предусматривает использование средств механизации

\* Результаты исследований опубликованы при финансовой поддержке Тульского государственного университета в рамках научного проекта № 2017-14ПУБЛ.



горнопроходческих работ: тоннелепроходческих машин при строительстве нового Байкальского тоннеля и тоннелей метрополитенов в указанных городах [1], использование проходческих, очистных и проходческо-очистных машин при разработке месторождений полезных ископаемых и ведении проходческих работ [2].

Для успешной реализации обозначенных проектов необходимо рациональное, в том числе с экономической точки зрения, использование технических средств. При этом одной из важнейших проблем являются учет износа и определение расхода породоразрушающего инструмента горных машин [3], обусловленного, в первую очередь, абразивностью горных пород и, во вторую – их прочностью. Так, например, при ведении тоннелепроходческих работ с использованием щитовых проходческих комплексов затраты на инструмент составляют не менее 30% от стоимости машины [4], а в некоторых случаях – и более 100% [5], по другим источникам – не менее 20% от общей стоимости проекта [6]. На выявление и замену изношенных инструментов обычно тратится 30-40% от суммарного количества человеко-часов [7].

### КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАСХОДА ИНСТРУМЕНТА

За последние десятилетия было проведено множество исследований, касающихся износа породоразрушающих инструментов горных машин, с целью разработки достаточно точных и надежных методов прогнозирования расхода инструмента и затрат на него.

Для оценки расхода радиальных резцов  $P$  в шт/м<sup>3</sup> существует только один достаточно широко распространенный метод [8], заключающийся в использовании следующей формулы:

$$P = 0,25 k_1 k_2 CAI, \quad (1)$$

где:  $k_1$  – коэффициент, учитывающий скорость резания,  $k_2$  – коэффициент, учитывающий охлаждение инструмента в процессе работы,  $CAI$  – показатель абразивности горной породы.

Значение коэффициента  $k_1$  варьируется в пределах от 1 до 1,2 и для высоких скоростей резания принимается равным 1. Значение коэффициента  $k_2$  изменяется в пределах от 0,85 до 1. В случае использования водного орошения при разрушении пород он принимается равным 0,85.

Из методов оценки расхода тангенциальных резцов наибольшее распространение получил метод, основанный на использовании графиков, построенных по эмпирическим данным и связывающих расход инструмента с абразивностью горных пород и пределом их прочности на одноосное сжатие. Примеры таких графиков, разработанных, например, компанией Sandvik (Германия), приведены в работах [9, 10] и показаны на рис. 1.

Отметим, что название  $CAI$  является аббревиатурой от Cerchar Abrasivity

Index, которая расшифровывается как индекс абразивности по методике Центра научных исследований угольной промышленности Франции (CERCHAR – Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France), где она была разработана. Индекс абразивности рекомендуется Международным обществом механики горных пород в качестве основного геомеханического показателя добываемости, буримости и разрушаемости их механическим инструментом.

В связи со сложностью и трудоемкостью замены (что обуславливает планирование работ в привязке к операциям мониторинга и замены инструмента), а также высокой стоимостью резцов и особенно дисковых шарошек, существует множество методов оценки максимального пути резания инструмента, срока его службы, продолжительности простоев, суммарных затрат на инструмент и прочее [10, 11, 12].

Среди зарубежных выделяется метод, разработанный в Колорадском горном университете (Colorado School of Mines), позволяющий оценивать суммарные затраты и продолжительность простоев, связанных с выходом из строя и последующей заменой шарошек, а также их расход. При этом ключевым для данного метода является показатель максимального пути резания  $L$  – расстояния, которое способна прокатиться одна шарошка в заданных горно-геологических условиях до выхода из строя. Согласно [12] данная величина в метрах определяется из выражения:

$$L = \frac{2057}{CAI} \cdot \frac{R}{216}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус шарошки, мм.

В отечественной практике для расчета расхода резцов используются следующие зависимости [11]:

$$Z = \frac{1}{L_{нд} \cdot t \cdot h}, \quad (3)$$

где:  $L_{нд}$  – длина пути резания до выхода резца из строя, м;  $t$  и  $h$  – соответственно шаг и глубина резания, м;

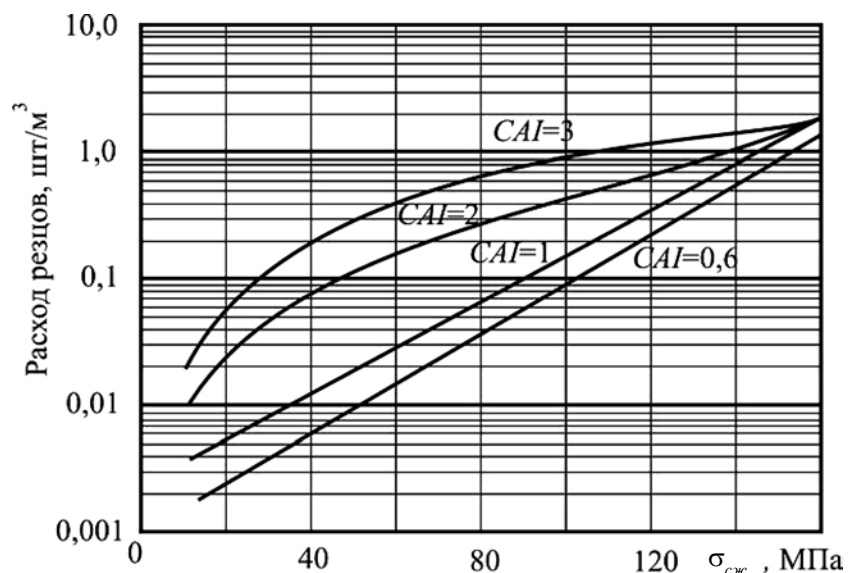


Рис. 1. Удельный расход резцов в зависимости от прочности горных пород на одноосное сжатие  $\sigma_{сж}$  и их абразивности  $CAI$  [1]

$$L_{\text{нд}} = \frac{11,37 \cdot \Delta_{\text{нд}}}{K_v \cdot K_0 \cdot K_{\frac{1}{h}} \cdot K_m \cdot K_d \cdot a^{0,69} \cdot \sigma_{\text{сж}}^{0,12}}, \quad (4)$$

где:  $K_v$ ,  $K_0$ ,  $K_{\frac{1}{h}}$ ,  $K_m$  и  $K_d$  – коэффициенты, учитывающие соответственно влияние скорости резания, влияние подачи воды или водных растворов в зону взаимодействия резца с породой, влияние соотношения шага резания  $t$  и толщины стружки  $h$ , влияние твердости головки державки и диаметра твердосплавной вставки на интенсивность изнашивания резцов;  $a$  – показатель абразивности по Барону–Кузнецову, мг;  $\Delta_{\text{нд}}$  – предельно допустимая величина оголения твердосплавной вставки, после достижения которой происходит ее поломка, мм.

Рассмотренные примеры подтверждают значимость абразивности для определения износа и расхода инструмента. Следует обратить внимание, что во всех методах учитывается абразивность горных пород. Только в двух из этих методов есть показатель, учитывающий не только абразивность. Это методы [3, 11], связанные с оценкой расхода резцов графическим способом и учитывающие также величину предела прочности на сжатие. В России для определения предела прочности на сжатие существует ГОСТ 21 153.2-84 «Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии», который соответствует зарубежным аналогам.

В то же время на данный момент в России отсутствует государственный стандарт определения абразивности горных пород. Правда, существует несколько методов определения абразивности. Наибольшее распространение получил метод определения абразивности по истиранию стального стержня о горную породу [13]. Этот метод первоначально был предложен М.И. Койфманом, а затем упрощен Л.И. Бароном и А.В. Кузнецовым. Его сущность заключается в том, что о необработанную поверхность образца испытываемой горной породы истирается торец цилиндрического стального стержня при вращении его вокруг продольной оси с последующим измерением его износа. Этот метод пригоден для пород с твердостью от 2-3 единиц по шкале Мооса.

Испытание проводится на установке, оборудованной на базе обычного сверлильного станка с небольшими конструктивными изменениями. Истирание стержня производится при осевой нагрузке 15 кг и скорости вращения 400 об/мин.

В качестве образцов используются штучные куски породы весом 0,1 кг или керны. Наиболее целесообразны куски весом 1-2 кг. В случае применения кернов при испытании используются как поверхность разлома на торцах, так и поверхность по образующей цилиндра. Стержень перед испытанием и после него должен быть взвешен на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. За критерий абразивности горной породы принимается выраженная в миллиграммах потеря в весе стержня за стандартное время испытания – 10 мин.

Показатель абразивности горной породы вычисляется на основании результатов опытов по формуле [13]:

$$a = \frac{\sum_1^n q_i}{2n}, \quad (5)$$

где:  $q_i$  – потеря в весе эталонного стержня за каждый парный опыт (истирание сначала одного, а затем другого конца стержня), мг;  $n$  – число парных опытов.

Данный показатель абразивности, как будет понятно из следующего раздела, существенно отличается от индекса абразивности  $CAI$  [14].

### БАЗОВАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБРАЗИВНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА

В настоящее время определение показателя абразивности горных пород, в качестве которого используется  $CAI$ , стандартизировано во многих странах с развитой горной промышленностью. Первопроходцами можно считать Францию и США со стандартами AFNOR Determination du pouvoir abrasif d'une roche – Partie 1: Essai de rayure avec une pointe (NF P 94-430-1) – 2000 и ASTM Standard test method for laboratory determination of abrasiveness of rock using the CERCHAR method. Designation: D7625-10 – 2010 соответственно. На основе этих национальных стандартов недавно Международным бюро механики горных пород был разработан международный стандарт, носящий рекомендательный характер [15].

Сущность метода, лежащего в основе этого стандарта, заключается в том, что об обработанную поверхность образца горной породы истирается стальной резец определенной геометрии и твердости при перемещении его вдоль продольной оси с последующим определением износа кончика резца. Индекс абразивности  $CAI$ , который является безразмерной величиной, рассчитывается по выражению:

$$CAI = 10 \cdot \frac{d}{c}, \quad (6)$$

где:  $d$  – диаметр изношенного кончика резца, мм;  $c$  – поправочный коэффициент, мм ( $c = 1$  мм).

Для проведения испытаний по определению показателя абразивности  $CAI$  существуют два типа установок (рис. 2): оригинальная конструкция, разработанная в CERCHAR [16], и модифицированная версия, предложенная Уэстом [17].

Они отличаются механизмом относительного движения резца и образца горной породы. В оригинальном дизайне резец и нагрузочная масса перемещаются относительно неподвижной породы. В случае модифицированного дизайна образец горной породы перемещается относительно неподвижного резца. Оба устройства оснащаются жесткими тисками 5 для надежного крепления горной породы 4 и исключения тем самым любых боковых смещений во время испытаний. Резец 3 закрепляется в патроне 2 и располагается строго вертикально. К резцу прикладывается статическая сила 70 Н за счет нагрузочного устройства 1. В дальнейшем резец перемещается на 10 мм в течение  $1 \pm 0,5$  с для оригинальной конструкции установки или  $10 \pm 2$  с для модифицированного дизайна.

Резец изготавливается из легированной хромванадиевой инструментальной стали, например DIN 115CrV3 (Германия), UNI 107CrV3KU (Италия), UNE 120CrV (Испания), и закаляется до твердости  $55 \pm 1$  HRC. Замер твердости осуществляется перед каждым испытанием. Диаметр резца составляет не менее 6 мм, а его длина принимается такой,

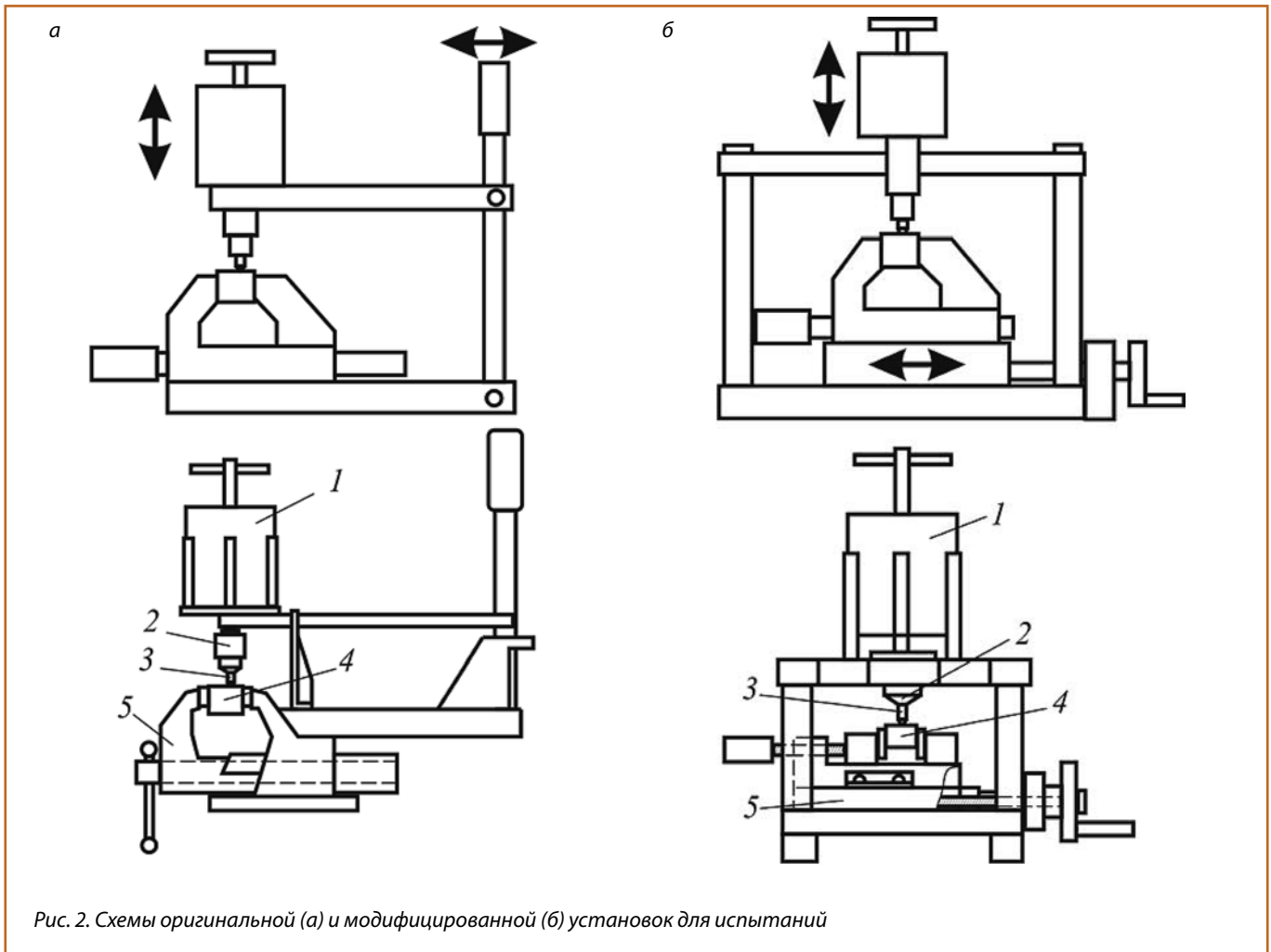


Рис. 2. Схемы оригинальной (а) и модифицированной (б) установок для испытаний

чтобы видимая часть резца выходила за пределы патрона минимум на 15 мм. Наконечник резца имеет конический угол 90°. Изношенный резец может быть повторно использован при его заточке и анализе угла конуса под микроскопом.

Испытания проводятся на образцах в форме диска или произвольной формы с поверхностью, не успевшей подвергнуться эффекту выветривания. С этой целью обычно используются остатки образцов породы сразу после проведения тестов по определению предела прочности породы на растяжение [18]. Ограничений по размеру минеральных зерен нет, но для материалов с размером зерен больше 2 мм желательно провести больше пяти испытаний. Размер образца должен позволить провести не менее пяти испытаний с учетом следующих ограничений: расстояние от края образца до царапины, оставленной резцом, должно быть не менее 5 мм, расстояние между двумя соседними царапинами также должно быть не менее 5 мм. Для образцов с анизотропными свойствами рекомендуется выбирать направления относительного перемещения резца, перпендикулярные к границе анизотропии. При этом важно, чтобы испытание отражало текстуру и преобладающий минеральный состав образца.

После проведения испытания извлеченный из патрона резец исследуется оптическими или цифровыми методами и определяется диаметр изношенного кончика резца  $d$  с точностью до 0,01 мм. Классификация горных пород по

показателю абразивности  $CAI$  приведена в таблице [19].

После проведения испытаний составляется отчет, содержащий следующую информацию: источник образца; дата получения и изготовления образца; способ сохранения образца при транспортировке; дата проведения испытаний; условия хранения образца; тип горной породы (если известен); максимальный размер минеральных зерен; плоскости нарушений или анизотропии (угол залегания, слоистость и другое); направление относительного движения резца по отношению к плоскостям нарушений или анизотропии; состояние поверхности образца; твердость резца; тип испытательной установки; способ измерений (сбоку/сверху, оптический/цифровой); среднее значение  $CAI$ ; классификация (см. таблицу).

**Классификация абразивности горных пород по индексу абразивности  $CAI$**

Среднее значение $CAI$	Классификация абразивности
0,1-0,4	Весьма низкая
0,5-0,9	Очень низкая
1,0-1,9	Низкая
2,0-2,9	Средняя
3,0-3,9	Высокая
4,0-4,9	Очень высокая
5,0	Весьма высокая

Следует отметить, что существуют и другие методы определения абразивности горных пород и калийных руд в лабораторных условиях применительно к их механическому разрушению резовым или шарошечным инструментом горных машин. В каждом из этих методов определяется свой показатель абразивности. Однако, как правило, приводится и зависимость перерасчета для показателя CAI (см., например [19]).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с целью обеспечения российских горнодобывающих и строительных организаций методологическими средствами прогнозирования затрат на ведение горных работ, в частности затрат на породоразрушающий инструмент, а также издержек, связанных с простым оборудованием вследствие необходимости замены и/или ремонта инструмента, предлагается ввести государственный стандарт определения абразивности горных пород. При составлении стандарта рекомендуется отталкиваться от существующих зарубежных методик, в основе которых лежит определение индекса абразивности CAI. Это важно и с точки зрения импортозамещения, и с точки зрения расширения экспорта. Необходимо обеспечить высокую конкурентоспособность отечественного горного инструмента, а следовательно, и машин, которые им оснащаются, поскольку от правильного определения абразивности горных пород зависят установление параметров и показателей нагруженности исполнительных органов и энергоемкости и, в конечном счете, надежность и эффективность их работы.

Комментарии к предполагаемому российскому стандарту.

1. Необходимо ввести поправочный коэффициент для случая использования резца, изготовленного из российского аналога зарубежных сталей.

2. Необходимо установить взаимосвязь между показателями абразивности, полученными по методу Барона–Кузнецова, и CAI. Наиболее очевидным решением в данном случае представляются проведение серии экспериментальных исследований и выявление корреляционной связи между указанными параметрами.

3. Изучить возможность внесения изменений в ГОСТ по определению предела прочности на растяжение с целью обеспечения возможности использования остатков использованных при измерении данной величины образцов в качестве образцов для определения абразивности горных пород.

4. Изучить возможность внесения дополнений и изменений в ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования» или внедрения нового ГОСТа с рабочим названием «Машины для определения абразивности горных пород».

5. Рассмотреть возможность внесения индекса абразивности CAI в число обязательных для определения показателей при проведении геологических изысканий.

### Список литературы

1. Новые технико-технологические решения для строительства тоннелей метрополитена в условиях мегаполиса / В.А. Маслак, К.П. Безродный, М.О. Лебедев, С.Г. Гендлер // Горный журнал. 2014. № 5. С. 57-60.

2. Хосоев Д.В. Оценка горнотехнических условий Эльгинского месторождения с позиции применения горных комбайнов // Горная промышленность. 2016. № 6. С. 81-83.

3. Plinninger R.J., Käsling H., Thuro K. Wear prediction in hardrock excavation using the CERCHAR abrasiveness index (CAI) // EUROCK 2004 & 53rd Geomechanics Colloquium. Schubert (ed.). VGE. 2004. Pp. 599-604.

4. Wan Z.C., Sha M.Y., Zhou Y.L. Study on disc cutters for hard rock application of TB880E TBM in Qinling tunnel (2) // Modern Tunnelling Technology. 2002. Vol. 39. N 6. Pp. 1-11 (на китайском языке).

5. Bilgin N., Copur H., Balci C. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, 2013.

6. Optimal Layout Design of Cutters on Tunnel Boring Machine / P.Su, W.Wang, J.Huo, Z.Li // Journal of Northeastern University (Natural Science). 2010. Vol. 31. N 6. Pp. 877-881 (на китайском языке).

7. Zhang H.M. Mechanical analysis of TBM disc cutter damage mechanism and its application // Modern Tunnelling Technology. 2011. Vol. 48. N 1. Pp. 61-65 (на китайском языке).

8. Roxborough F.F., Rispin A. Mechanical cutting characteristics of lower chalk // Tunnels & Tunneling International. 1973. Vol. 5. N 3. Pp. 261-274.

9. Plinninger R.J., Restner U. Abrasiveness testing, quo vadis commented overview of abrasiveness testing methods // Geomechanics and Tunnelling. 2008. Vol. 1. N 1. Pp. 61-70. doi: 10.1002/geot.200800007.

10. Testing conditions and geomechanical properties influencing the CERCHAR abrasiveness index (CAI) value / R. Plinninger, H. Käsling, K. Thuro, G. Spaun // International journal of rock mechanics and mining sciences. 2003. Vol. 40. N 2. Pp. 259-263. doi: 10.1016/S1365-1609(02)00140-5

11. Методы расчета износостойкости и удельного расхода резцов при работе проходческих комбайнов. М.: НПЦ «ПИГМА-ЦЕНТР» АГН РФ, 1998. 5 с.

12. Rostami J. Development of a force estimation model for rock fragmentation with disc cutters through theoretical modeling and physical measurement of crushed zone pressure. Golden, Colorado. USA: Colorado School of Mines, 1997. P. 382.

13. Барон Л.И., Кузнецов А.В. Абразивность горных пород при добычании. М.: Издательство АН СССР, 1961. 167 с.

14. Танайно А.С. К проблеме тестирования горных пород на абразивность // Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. 2014. № 6. С. 87-95.

15. ISRM Suggested Method for Determining the Abrasivity of Rock by the CERCHAR Abrasivity Test / M. Alber, O. Yarali, F. Dahl, A. Bruland, H. Käsling, T.N. Michalakopoulos, M. Cardu, P. Hagan, H. Aydin, O. Özarlan // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2014. Vol. 1. N 47. Pp. 261-266. doi: 10.1007/s00603-013-0518-0.

16. Valantin A. Examen des différents procédés classiques de détermination de la nocivité des roches vis-à-vis de l'abattage mécanique // Exposé Présenté Aux Journées d'information Techniques de Creusement, les. 1973. Pp. 133-149 (на французском языке).

17. West G. Rock abrasiveness testing for tunnelling // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. Pergamon. 1989. Vol. 26. N 2. Pp. 151-160. doi: 10.1016/0148-9062(89)90003-X.

18. The influence of steel styli hardness on the Cerchar abrasiveness index value / T.N. Michalakopoulos, V.G. Anagnostou, M.E. Bassanou, G.N. Panagiotou // *International journal of rock mechanics and mining sciences*. 2006. Vol. 43. N 2. Pp. 321-327.

19. Käsling H., Thuro K. Determining rock abrasivity in the laboratory // *Rock mechanics in civil and environmental engineering – Proc EUROCK 2010*. Taylor & Francis, London. 2010. Pp. 425–428.

## MINERALS RESOURCES

UDC 622.02:006.354 © A.B. Zhabin, A.V. Polyakov, E.A. Averin, 2018  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 86-91

**Title**  
**OF THE NEED TO INTRODUCE A STATE STANDARD FOR DETERMINATION OF ROCK ABRASIVENESS**

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-86-91>

**Authors**

Zhabin A.B.<sup>1,2</sup>, Polyakov A.V.<sup>1,2</sup>, Averin E.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tula Regional Department of the Academy of Mining Sciences, Tula, 300028, Russian Federation

<sup>2</sup> Tula State University, Tula, 300012, Russian Federation

<sup>3</sup> "SOEZ" LLC, Tula, 300911, Russian Federation

**Authors' Information**

Zhabin A.B., Doctor of Engineering Sciences, Professor, full member of the Academy of Mining Sciences, President of the Tula Regional Department of the Academy of Mining Sciences, tel.: +7 (4872) 73-44-44, 25-19-95, e-mail: zhabin.tula@mail.ru

Polyakov A.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, academic advisor of the Academy of Mining Sciences,

tel.: +7 (4872) 25-71-05, 25-19-95, e-mail: polyakoff-an@mail.ru

Averin E.A., PhD (Engineering), engineer-designer, tel.: +7 (4872) 31-35-25, 31-36-18, e-mail: evgeniy.averin.90@mail.ru

**Abstract**

The necessity of introducing a state standard for determining the abrasiveness of rocks is substantiated. A brief analysis of existing methods for determining the tool consumption rate is made. This analysis allows selecting of a criterion for evaluating the abrasiveness of rocks. The description of equipment and methods for determining abrasiveness used in Russia and abroad is presented. A reference point is proposed for the future of the Russian standard in the form of modernization of existing foreign standards for determining the abrasiveness of rocks. Comments are given to take into account domestic specifics in the development of the standard.

**Keywords**

Abrasiveness, Rock, Tool consumption, CAI, Test equipment, Prerequisites for the development of the state standard.

**References**

- Maslak V.A., Bezrodny K.P., Lebedev M.O. & Gendler S.G. Novyye tekhniko-tekhnologicheskiye resheniya dlya stroitel'stva tonneley metropolitena v usloviyakh megapolisa [New technical and technological concepts for metro tunnel construction in megapolis]. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2014, No. 5, pp. 57-60.
- Khosoev D.V. Otsenka gornotekhnicheskikh usloviy El'ginskogo mestorozhdeniya s pozitsii primeneniya gornykh kombaynov [Evaluation of mining and technical conditions of the Elga field from the point of view of the mining combines use]. *Gornaya Promyshlennost' – Mining Industry*, 2016, No. 6, pp. 81-83.
- Plinninger R.J., Käsling H. & Thuro K. Wear prediction in hardrock excavation using the CERCHAR abrasiveness index (CAI). *EUROCK 2004 & 53rd Geomechanics Colloquium*. Schubert (ed.). VGE, 2004, pp. 599-604.
- Wan Z.C., Sha M.Y. & Zhou Y.L. Study on disc cutters for hard rock application of TB880E TBM in Qinling tunnel (2). *Modern Tunneling Technology*, 2002, Vol. 39, No. 6, pp. 1-11 (in Chinese).
- Bilgin N., Copur H. & Balci C. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, 2013, 388 p.
- Su P., Wang W., Huo J. & Li Z. Optimal Layout Design of Cutters on Tunnel Boring Machine. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*, 2010, Vol. 31, No. 6, pp. 877-881 (in Chinese).
- Zhang H.M. Mechanical analysis of TBM disc cutter damage mechanism and its application. *Modern Tunneling Technology*, 2011, Vol. 48, No. 1, pp. 61-65 (in Chinese).

8. Roxborough F.F. & Rispin A. Mechanical cutting characteristics of lower chalk. *Tunnels & Tunneling International*, 1973, Vol. 5, No. 3, pp. 261-274.

9. Plinninger R.J. & Restner U. Abrasiveness testing, quo vadis commented overview of abrasiveness testing methods. *Geomechanics and Tunneling*, 2008, Vol. 1, No. 1, pp. 61-70. doi: 10.1002/geot.200800007.

10. Plinninger R., Käsling H., Thuro K. & Spaun G. Testing conditions and geo-mechanical properties influencing the CERCHAR abrasiveness index (CAI) value. *International journal of rock mechanics and mining sciences*, 2003, Vol. 40, No. 2, pp. 259-263. doi: 10.1016/S1365-1609(02)00140-5

11. *Metody rascheta iznosostoykosti i udel'nogo raskhoda reztsov pri rabote prokhodcheskikh kombaynov* [Methods for calculation of the cutter wear resistance and specific usage during operation of tunneling machines]. Moscow, Scientific and Production Center "PIGMA-TsENTR" Pibl., Academy of Mining Science of the Russian Federation, 1998, 5 p.

12. Rostami J. Development of a force estimation model for rock fragmentation with disc cutters through theoretical modeling and physical measurement of crushed zone pressure. Golden, Colorado, USA, Colorado School of Mines, 1997, pp. 382.

13. Baron L.I. & Kuznetsov A.V. *Abrazivnost' gornykh porod pri dobyvanii* [Rock abrasiveness during mining]. Moscow, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1961, 167 p.

14. Tanaino A.S. K probleme testirovaniya gornykh porod na abrazivnost' [Study of problem of rocks testing for abrasiveness]. *Fiziko-tekhnicheskkiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh – Journal of Mining Science*, 2014, No. 6, pp. 87-95.

15. Alber M., Yarali O., Dahl F., Bruland A., Käsling H., Michalakopoulos T.N., Cardu M., Hagan P., Aydin H. & Özarslan O. ISRM Suggested Method for Determining the Abrasivity of Rock by the CERCHAR Abrasivity Test. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2014, Vol. 1, No. 47, pp. 261-266. doi: 10.1007/s00603-013-0518-0.

16. Valantin A. Examen des différents procédés classiques de détermination de la nocivité des roches vis-à-vis de l'abattage mécanique. *Exposé Présenté Aux Journées d'information Techniques de Creusement, les.*, 1973, pp. 133-149. (in French).

17. West G. Rock abrasiveness testing for tunneling. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. Pergamon, 1989, Vol. 26, No. 2, pp. 151-160. doi: 10.1016/0148-9062(89)90003-X.

18. Michalakopoulos T.N., Anagnostou V.G., Bassanou M.E., Panagiotou G.N. The influence of steel styli hardness on the Cerchar abrasiveness index value. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2006, Vol. 43, No. 2, pp. 321-327.

19. Käsling H. & Thuro K. Determining rock abrasivity in the laboratory. *Rock mechanics in civil and environmental engineering – Proc EUROCK*, 2010, Taylor & Francis, London, 2010, pp. 425–428.

**Acknowledgments**

Study results are published as part of the scientific project No. 2017-14PUBL with financial support by Tula State University.

# Способ выращивания древесно-кустарниковых пород для биологической рекультивации техногенных отвалов в аридных условиях Республики Хакасия

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-92-94>

## **ЛАВРИНЕНКО Алексей Тимофеевич**

*Заведующий группой рекультивации земель  
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт  
аграрных проблем Хакасии»,  
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия,  
тел.: +7 (39032) 2-56-09,  
e-mail: aleks233@yandex.ru*

## **ОСТАПОВА Наталья Анатольевна**

*Канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт  
аграрных проблем Хакасии»,  
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия,  
тел.: +7 (39032) 2-56-09*

## **САФРОНОВА Ольга Сергеевна**

*Младший научный сотрудник  
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт  
аграрных проблем Хакасии»,  
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия,  
тел.: +7 (39032) 2-56-09,  
e-mail: olya\_egoshina@mail.ru*

## **ЕВСЕЕВА Ирина Николаевна**

*Инженер-исследователь  
ФГБНУ Научно-исследовательский институт  
аграрных проблем Хакасии,  
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия,  
тел.: +7 (39032) 2-56-09,  
e-mail: evseeirina@yandex.ru*

*Получены новые экспериментальные данные применения технологии посадки древесно-кустарниковых пород с закрытой корневой системой на техногенных отвалах Республики Хакасия. Представлены результаты 3-летних исследований по приживаемости, приросту и оптимальному сроку посадки саженцев.*

**Ключевые слова:** *техногенные отвалы, открытая корневая система, закрытая корневая система, приживаемость, Республика Хакасия.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Черногорское месторождение расположено в северо-восточной части Уйбат-Биджинского междуречного равнинно-холмистого степного района. Занимает площадь 250 кв. км и административно входит в Усть-Абаканский район Республики Хакасия. Балансовые запасы для открытой разработки составляют 291,2 млн т угля [1]. Вскрышные породы состоят из алевролитов, песчаников, аргиллитов, реже встречаются конгломераты и известняки.

Климат района резко континентальный с холодной, продолжительной зимой и жарким, засушливым летом. Среднегодовая температура воздуха колеблется от +1,8 до -1 °С. Абсолютный минимум температур отмечен в январе – -40,6 °С, абсолютный максимум в июне – +35,6 °С. В теплый период года выпадает 270 мм осадков при общем годовом количестве 300 мм [2]. Почвенный покров нарушенных земель представлен каштановыми тяжело- и среднесуглинистыми почвами, черноземами южными малогумусными.

По геоботаническому районированию А.В. Куминовой, территория ООО «СУЭК-Хакасия» отнесена к Приабаканскому (Центрально-Хакасскому) округу Минусинской котловины [3]. Наиболее типичны для данной территории мелководерновинные настоящие степи в типичном варианте четырехзлаковой степи, выделенной В.В. Ревердатто.

## **ТЕХНОЛОГИИ ПОСАДКИ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ПОРОД**

Для опытных посадок нами был выбран внешний отвал № 5, сформированный в 1980-е годы. По характеру рельефа отвал сформирован по платообразному террасированному средневысокому типу. Состоит из двух террас: высота I террасы – 390 м над уровнем моря, высота II террасы – 415 м над уровнем моря. Выделяются три элемента мезо-

## Приживаемость древесно-кустарниковых пород по годам, %

Сроки посадки	Вариант опыта	Год	<i>Ulmus pumila</i> , L.	<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
Весенняя посадка	С открытой корневой системой	2015	53,5	43,4	40,4
		2016	34,3	26,3	28,3
		2017	34,3	26,3	28,3
	С закрытой корневой системой	2015	70,7	68,7	56,6
		2016	55,6	46,5	34,3
		2017	55,6	46,5	34,3
Осенняя посадка	С открытой корневой системой	2015	74,7	67,7	49,5
		2016	69,7	57,6	30,3
		2017	69,7	57,6	30,3
	С закрытой корневой системой	2015	100,0	99,0	94,9
		2016	100,0	97,0	87,9
		2017	100,0	97,0	87,9

рельефа: северный склон, западный склон, плато. Длина северного склона – 35 м, крутизна 31°; длина западного склона – 55 м, крутизна – 31° [2].

Первичные сукцессии отвала № 5 характеризуются травяным типом зарастания. Доминирующая роль в сообществах принадлежит видам синантропного разнотравья: *Artemisia vulgaris*, *A. sieversiana*, *A. tanacetifolia*, *Erysimum cheiranthoides*, *Cirsium setosum*; среди злаков – *Stipa krylovii*, *Agropyron ramosum*, *Poa stepposa*, *Setaria viridis*; среди бобовых – плохо поедаемому *Melilotus officinalis* [2].

Самые высокие значения запасов биомассы в сообществах при естественном зарастании отмечены на плато (4,3 т/га) и северном склоне (2,4 т/га), где созданы лучшие микроклиматические условия [2].

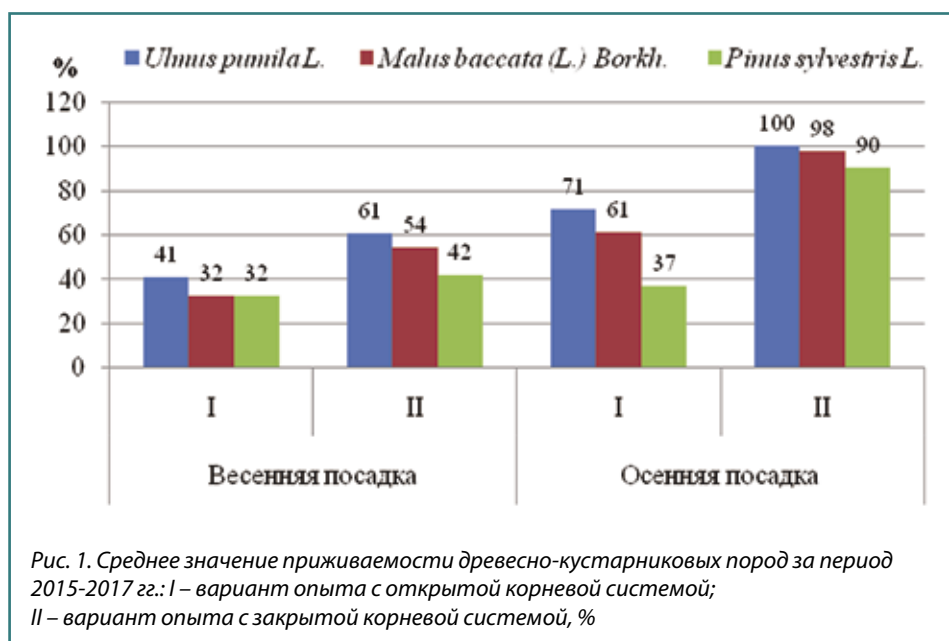
В 2014 г. на плато отвала № 5 были заложены четыре опытных участка площадью 0,1 га. Посадка саженцев проводилась в два срока – весной и осенью вручную:

– вариант опыта I – на участке были высажены 1-3-летние саженцы с открытой корневой системой и одновременным поливом раствором H<sub>2</sub>O + «Байкал ЭМ-1» в пропорции 1000:1;

– вариант опыта II – на участке были высажены 1-3-летние саженцы с закрытой корневой системой и одновременным поливом раствором H<sub>2</sub>O + «Байкал ЭМ-1» в пропорции 1000:1. Данные саженцы весной были пересажены в специальные горшки-контейнеры, а следующей весной и осенью прижившиеся саженцы были высажены на опытный участок.

Для опытных посадок были выбраны три вида древесно-кустарниковых пород: *Pinus sylvestris* L., *Ulmus pumila* L., *Malus baccata* (L.) Borkh., схема размещения растений в посадках – 3×3 м.

Приживаемость саженцев весенней посадки оказалась низкой из-за аномально сухого зимне-весеннего



периода 2015 г. (см. таблицу). Кроме того, все саженцы *Malus baccata* (L.) Borkh. были объедены зайцами и выжили только благодаря способности образовывать пневую поросль.

За три года исследований лучшие показатели по приживаемости были отмечены в варианте посадки саженцев с закрытой корневой системой в осенний период (рис. 1).

При исследовании опытных лесных насаждений Н.А. Лебедевой на Кумертауском угольном разрезе было выявлено, что к третьему году жизни положение стабилизируется и отпад практически прекращается [4]. Данная закономерность сохраняется и на техногенных отвалах, сформированных в аридных районах Хакасии.

Ежегодный прирост в высоту саженцев древесно-кустарниковых пород варьирует от 6,9 см (*Malus baccata* (L.) до 12,4 см (*Ulmus pumila* L.) (рис. 2).

Из анализа данных установлено, что срок посадки саженцев древесно-кустарниковых пород практически не влияет на прирост в высоту. Лучший и максимальный прирост отмечен в опытах с закрытой корневой системой, за исключением *Malus baccata* (L.).

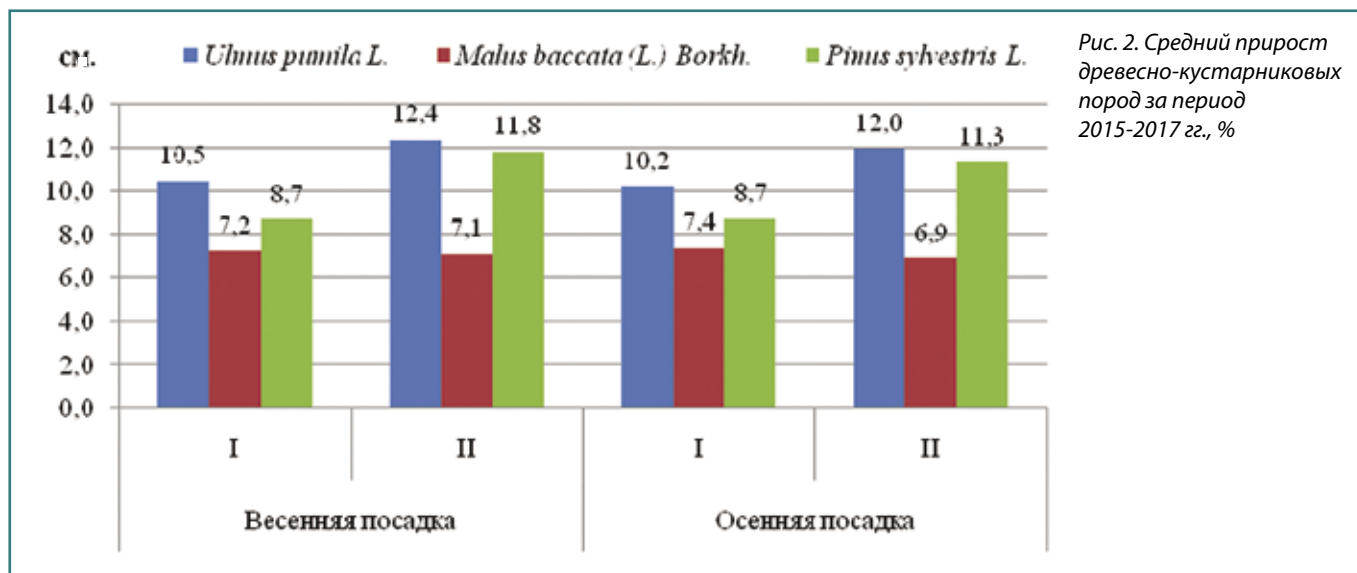


Рис. 2. Средний прирост древесно-кустарниковых пород за период 2015-2017 гг., %

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании трехлетних наблюдений можно сделать вывод, что на вскрышных отвалах в аридных условиях Хакасии для лесной рекультивации лучшим сроком посадки является осень, а в качестве посадочного материала использовать саженцы, выращенные в специальных горшках-контейнерах с применением раствора «Байкал ЭМ-1».

**Список литературы**

1. Методические рекомендации «Рекультивация земель, нарушенных угледобывающими предприятиями Хакасии» / А.Т. Лавриненко, Е.А. Моршнева, О.С. Сафронова и др. Новосибирск: Издательство Окарина, 2016. 40 с.

2. Ламанова Т.Г., Сафронова О.С. Особенности естественного зарастания вскрышных отвалов в аридных районах Республики Хакасия // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. № 4. С. 11-19.

3. Растительный покров Хакасии / А.В. Кумина, Г.А. Зверева, Ю.М. Маскаев и др. Новосибирск: Наука, 1976. 422 с.

4. Лебедева Н.А. Возможность рекультивации отвалов Кумертауского угольного разреза без нанесения почвенного слоя // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. МВ и ССО РСФСР, УрГУ. Свердловск: УрГУ, 1984. Вып. 10. С. 78-84.

UDC 622.85:622.882:504.062.4 © A.T. Lavrinenko, N.A. Ostapova, O.S. Safronova, I.N. Evseeva, 2018  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 92-94

**Title**  
**A METHOD OF GROWING TREES AND SHRUB SPECIES FOR BIOLOGICAL RECULTIVATION OF TECHNOGENIC DUMPS IN THE ARID ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC OF KHAKASSIA**

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-92-94>

**Authors**

Lavrinenko A.T.<sup>1</sup>, Ostapova N.A.<sup>1</sup>, Safronova O.S.<sup>1</sup>, Evseeva I.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Scientific-Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia" FSBI, Zelenoe village, 655132, Republic of Khakassia, Russian Federation

**Authors' Information**

**Lavrinenko A.T.**, Manager Group of reclamation lands, tel.: +7 (39032) 2-56-09, e-mail: aleks233@yandex.ru

**Ostapova N.A.**, PhD (Engineering), Senior Researcher, tel.: +7 (39032) 2-56-09

**Safronova O.S.**, Junior Researcher, tel.: +7 (39032) 2-56-09, e-mail: olya\_egoshina@mail.ru

**Evseeva I.N.**, Engineer-Researcher, tel.: +7 (39032) 2-56-09, e-mail: evseeirina@yandex.ru

**Abstract**

New experimental data on the use of technology of planting trees and shrubs with a closed root system on man-made dumps of the Republic of Khakassia are obtained. The results of 3-year studies on survival, growth and optimal planting time of seedlings are presented.

**Keywords**

Technogenic dumps, Open root system, Closed root system, Survival, Republic of Khakassia.

**References**

1. Lavrinenko A.T., Morshnev E.A., Safronova O.S., Evseeva I.N. et al. *Metodicheskie rekomendatsii «Rekul'tivatsiya zemel', narushennykh ugledobyvayushimi predpriyatiyami Khakassii»* [Methodical recommendations "Reclamation of lands disturbed by coal mining enterprises of the Republic of Khakassia"]. Novosibirsk, Publishing House of Ocarina, 2016, 40 p.

2. Lamanova T.G. & Safronova O.S. Osobennosti estestvennogo zarastaniya vskryshnykh otvalov v aridnykh rajonakh Respubliki KHakassiya [Features of natural overgrowing of overburden dumps in arid regions of the Republic of Khakassia]. *Siberian Bulletin of agricultural science*, 2013, No. 4, pp. 11-19.

3. Kuminova A.V., Zverev G.A., Maskae Yu.M. et al. *Rastitel'nyj pokrov Khakassii* [Vegetation cover of the Khakassia Republic]. Novosibirsk, "Nauka" Publ., 1976, 422 p.

4. Lebedev N.A. Vozmozhnost' rekul'tivatsii otvalov Kumertauskogo ugol'nogo razreza bez nanesheniya pochvennogo sloya [Possibility of reclamation of dumps of Kumertau coal mine without causing soil] *Rasteniya i promyshlennaya sreda – Plants and industrial environment*, Collection of scientific MV and SSO RSFSR, UralSU, Sverdlovsk, UralSU Publ., 1984, Issue 10, pp. 78-84.



Пресс-служба АО ХК «СДС-Уголь» информирует



## Холдинг «СДС-Уголь» приступил к созданию первого в России экспериментального полигона по сохранению плодородного слоя почвы

*На территории лицензионного участка «Перспективный» (ООО Шахтоуправление «Майское», АО ХК «СДС-Уголь»), расположенного в Прокопьевском районе Кемеровской области, сотрудники угледобывающего холдинга совместно с представителями Кузбасского ботанического сада приступили к созданию экспериментального полигона по переносу верхнего плодородного слоя почвы.*

Территория Перспективного участка относится к землям сельхозназначения и будет нарушена в ходе горных работ по добыче каменного угля. Общая площадь опытного полигона – 2,25 га.

*«Данный эксперимент преследует важную экологическую цель – апробацию новой технологии, которую можно будет использовать на других участках добычи угля для сохранения плодородного слоя почвы и техлуговых трав, что на нем произрастают»,* – комментирует акцию начальник управления экологической безопасности и охраны окружающей среды АО ХК «СДС-Уголь» **Любовь Тургенева**.

Экспериментальный метод является принципиально новым подходом к решению проблемы рекультивации земель в районах добычи угля и имеет важное экологическое значение для региона. До сих пор в горной промышленности действует государственный стандарт, который обязывает недропользователя снимать и хранить плодородный слой почвы в буртах в течение десяти лет. В ре-

зультате такого длительного хранения почва теряет все свои полезные свойства.

При использовании новой технологии верхний слой почвы снимается и сразу переносится на нарушенную территорию. При этом в почвенном слое остаются жизнеспособные семена, корни и корневища растений, почвенные беспозвоночные животные и микробные комплексы. Для оценки успешности восстановления почвенных функций и экосистемы будут проводиться исследования в течение четырех лет, а затем по результатам работ исследователи планируют разработать технологическую схему для производственного процесса.

*«Эта работа направлена на решение региональной экологической проблемы – сохранение бесценного кузбасского чернозема на участках недропользования, – подчеркнул заведующий лабораторией экологической оценки и управления биоразнообразием ФИЦ Угля и углехимии СО РАН (г. Кемерово), доктор биол. наук **Юрий Манак**. – Мы убеждены, что наша совместная с СДС-Углем экологическая инициатива будет иметь положительные результаты, которые в перспективе будут внедрены повсеместно в производство. Это, в свою очередь, станет весомым вкладом в сохранение видового разнообразия на мировом уровне. Отрадно, что угледобывающее предприятие в современных реалиях демонстрирует высокую экологическую ответственность».*



Активисты АО ХК «СДС-Уголь» начали экологический эксперимент

# Экологические проблемы формирования углепромышленной территории в Республике Тыва

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-96-101>

## БАЛАКИНА Галина Федоровна

Доктор экон. наук,  
главный научный сотрудник  
Тувинского института комплексного  
освоения природных ресурсов СО РАН,  
667007, г. Кызыл, Россия,  
тел.: +7 (909) 528-99-80,  
e-mail: [balakina.gal@yandex.ru](mailto:balakina.gal@yandex.ru)

## КУЛИКОВА Марина Петровна

Канд. хим. наук,  
доцент, старший научный сотрудник  
Тувинского института комплексного  
освоения природных ресурсов СО РАН,  
667007, г. Кызыл, Россия,  
тел.: +7 (913) 353-80-28,  
e-mail: [mpkulikova@mail.ru](mailto:mpkulikova@mail.ru)

*В статье рассмотрено влияние объектов топливно-энергетического комплекса Республики Тыва при формировании углепромышленной территории на элементы природной среды: на атмосферу, водные, лесные и земельные ресурсы. Для характеристики особенностей экологических проблем республики приведены данные по содержанию тяжелых металлов в речных и шахтных водах, химическому составу и объему парниковых газов, содержанию выбросов пространственных загрязняющих веществ. Рассмотрены возможности углеродного регулирования. Систематизированы возможные способы снижения выбросов в регионе: определены экономический, социальный и экологический аспекты данной проблемы. Сделан вывод, что в Тыве необходимо сокращать объемы парниковых газов, задействовать систему инструментов формирования устойчивого развития, становление новой модели хозяйствования и широкого распространения экологически ориентированных методов управления, включая разработку и реализацию республиканских целевых программ.*  
**Ключевые слова:** экологические проблемы, топливно-энергетический комплекс, углепромышленная территория, Республика Тыва, окружающая среда.

## ВЛИЯНИЕ ОБЪЕКТОВ ТЭК НА ЭЛЕМЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Негативные изменения экологической ситуации, снижение качества воды, воздуха, загрязнение почв промышленными отходами обусловили создание ряда международных коалиций, целями которых стали движение к экологическому равновесию, создание глобального проекта перехода к устойчивому развитию [1]. Большинство стран мира были подписаны Киотский протокол (декабрь 1997 г.) и Парижское климатическое соглашение (декабрь 2015 г.), направ-

ленные на выработку механизма сокращения парниковых газов. Важными звеньями мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов рассматриваются как технологическое совершенствование производства, так и уровень поглощение диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) лесами.

Россия стремится к снижению доли угольной генерации, ужесточению предельных норм выбросов вредных веществ, внедрению систем сероочистки и азотоочистки на тепловых электростанциях. Федеральной службой РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды проводится мониторинг качества атмосферного воздуха на всей территории.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на стационарных постах, которые предназначены для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. По данным государственного доклада «Об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2016 году», список городов России с наибольшим уровнем загрязнения в 2016 г. включает 20 городов, из них более половины городов расположены в Сибири, г. Кызыл (Республика Тыва) входит в их число по следующим загрязняющим веществам: бенз(а)пирен, сажа, взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак. Потенциал атмосферы региона наименее приспособлен к самоочищению, что способствует формированию серьезных проблем для населения [2].

Для Республики Тыва характерно использование угля в энергетических целях. Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Республики Тыва представлен генерирующими компаниями и предприятиями угледобычи (АО «Кызылская ТЭЦ», ООО «Тувинская горнорудная компания», ООО «Угольная компания «Межегейуголь», ЗАО «Тувинская энергетическая промышленная корпорация», ООО «УлугхемУголь» и др). Единственной тепловой электростанцией, вырабатывающей тепловую и электрическую энергию, в Республике Тыва является Кызылская ТЭЦ, остальные ТЭЦ в настоящее время функционируют в режиме котельных. Производством и поставкой тепловой энергии потребителям Республики Тыва занимаются три тепловые станции (ТЭЦ), две котельные мощностью более 10 Гкал и 304 котельных малой мощности менее 10 Гкал.

Развитие энергетического комплекса региона на долгосрочную перспективу, связанное с наращиванием объемов добычи и потребления топлива, созданием крупных минерально-сырьевых центров, позволяет сделать вывод о формировании в Республике Тыва одной из углепромышленных территорий России [3, 4].

Потребление угля для производства электрической и тепловой энергии на электростанциях и котельных в перспективе до 2035 г. может увеличиться в 1,5 раза (расширение и

Выбросы распространенных загрязняющих веществ, т

Твердые вещества	Газообразные и жидкие вещества	Выбросы из твердых, газообразных и жидких веществ:				
		диоксид серы	оксиды азота (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	оксид углерода	углеводороды (без летучих органических соединений)	летучие органические соединения
5 424	14 075	2 482	1 410	9 370	32	7

ввод мощностей на Кызылской ТЭС-2). Для этого будут построены блоки мощностью 115-120 МВт каждый с возможностью дальнейшего расширения до четырех блоков, с генерацией электрической мощности 300 МВт, тепловой – не менее 250 Гкал/ч.

Рост электропотребления в основном обусловлен развитием добывающей отрасли промышленности: Межегейское угольное месторождение – 40 МВт, Кызыл-Таштыгское месторождение полиметаллических руд – 45 МВт, Элегестское месторождение каменных углей – 90 МВт, Ак-Сугское медно-порфиговое месторождение – 55 МВт.

По Республике Тыва индекс промышленного производства угледобывающих предприятий республики составил 122,4% в 2017 г.; выросли объем оборотов и объем отгруженных товаров угледобывающих предприятий в 2,3 раза; добыча угля увеличилась и составила 114,8%; индекс промышленного производства электрической и тепловой энергии составил 102,2% [5]. Формирование углепромышленной территории позволит повысить потенциал экономического роста в условиях новой технологической базы, возрастут производство валового регионального продукта на душу населения, доходность республиканского бюджета [6, 7].

#### • Воздействие объектов ТЭК на атмосферу

Уровень загрязнения атмосферы формируется в результате поступления загрязняющих веществ от всех источников, расположенных на рассматриваемой территории и вне ее под влиянием диффузионных процессов в атмосфере на рассеивание и перенос этих веществ на большие расстояния. Основными источниками эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу среди энергетических объектов республики являются ОАО «Кызылская ТЭЦ», промышленные и коммунальные котельные, мелкие котельные, жилой сектор с печным отоплением. Мелкие котельные и жилой сектор с печным отоплением формируют наиболее высокий уровень загрязнения в приземном слое (до 60 м от поверхности земли). Площадь жилого сектора с печным отоплением составляет более половины жилого фонда г. Кызыла и оценивается в 17,3 кв. км.

Основное применение угля – энергетическое. Кызылской ТЭЦ сжигается 140 тыс. т угля в год, около 60 тыс. т использует частный сектор. Острой проблемой остается загрязнение воздушного бассейна столицы Республики Тыва – г. Кызыла в зимний период. Одной из характерных климатических особенностей является образование воздушных инверсий, вследствие чего выбрасываемые загрязняющие вещества оказываются сосредоточенными в приземном слое воздуха.

По данным лаборатории по мониторингу загрязнения атмосферного воздуха Тувинского ЦГМС – филиала ФГБУ «Среднесибирское УГМС», общий объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, расположенных на территории Республики Тыва, в 2016 г. составил 19,499 тыс. т [5]. Выбросы распространенных загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников в 2016 г. представлены в табл. 1.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Кызыла в 2016 г. по комплексному индексу загрязнения характеризовался как «очень высокий» (ИЗА 5>14). Основной вклад в уровень загрязнения атмосферы города в зимний период вносят такие загрязняющие вещества, как бенз(а)пирен, сажа, взвешенные вещества, формальдегид и диоксид азота. Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена составила 7,3 ПДК с.с. (среднесуточные ПДК), в ноябре зафиксирована концентрация бенз(а)пирена – 17,5 ПДК с.с.; отмечалась наибольшая повторяемость превышения ПДК – 7,2 % (по саже) [2, 5].

Основной вклад в выбросы парниковых газов вносит диоксид углерода (более 75%), выбросы метана – 16%, около 6% – закись азота и 2% – прочие парниковые газы. В целом в республике в 2016 г. содержание в атмосферном воздухе углекислого газа не превысило 0,33 ПДК с.с., содержание оксида азота составило 0,27 ПДК с.с., содержание диоксида азота составило 0,6 ПДК с.с. [5]. Отсутствие развитой промышленности, сохранение хвойных лесов способствуют сохранению климата на территории республики.

По предварительной оценке (на основе базового подхода) выбросы парниковых газов только от Кызылской ТЭЦ составляют более 200 тыс. т CO<sub>2</sub> в год\*. Из-за большого содержания летучих веществ (неконденсируемые газы, каменноугольная смола) и склонности к спеканию слоевое горение тувинских углей в котлоагрегатах сопровождается высоким химическим недожогом (данный факт при расчете выбросов не учитывался, применялся коэффициент, равный 1). Суммарная нагрузка антропогенного воздействия на окружающую среду только от стационарных источников сжигания твердого топлива по г. Кызылу может составлять более 300 тыс. т CO<sub>2</sub> в год и до 400 тыс. т CO<sub>2</sub> в год в целом по республике. О конкретных объемах выбросов можно будет говорить после подготовки кадастра источников выбросов парниковых газов, составленного по результатам инвентаризации.

Углеродный баланс России играет важную роль в глобальном бюджете углерода благодаря обширным территориям, занятым лесами (около 45-49% территории страны). В работе [8] предварительно оценен бюджет углерода России, его годовое сальдо составляет 0,659 ± 0,100 млрд т углерода, или 2,1-2,8 млрд т в эквиваленте CO<sub>2</sub>, на 90-95% оно обеспечено лесами. Общая площадь лесов Республики Тыва составляет 10882,9 тыс. га и занимает 49,7% ее территории. Преобладают хвойные насаждения, их площадь составляет 7317,6 тыс. га [5].

Государства, присоединившиеся к Парижскому климатическому соглашению (176 стран, включая Россию) в настоящее время вырабатывают национальные модели углеродного регулирования. В России основы углеродного регулирования определяют исходя из следующих возможностей:

\* Авторы благодарят А.С. Земцову за консультации по расчетам объема парниковых газов.

Содержание тяжелых металлов в речных и шахтных водах, мг/л

№ пробы	Pb	Zn	Ni	Cu
ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	0,03	5,0	0,1	1,0
1. Южный водосброс шахтных вод в реку Межегей	0,229	0,001	0,038	0,002
2. Река Межегей (основное русло)	0,169	0,002	0,024	0,002
3. Река Межегей (устье)	0,018	–	0,015	0,001

традиционная схема регулирования загрязнений, введение системы торговли квотами на выбросы, или углеродный налог [8, 9].

В мире накоплен большой опыт углеродного регулирования. Углеродные налоги – гибкий инструмент, хорошо администрируется, позволяет эмитентам самим выбирать пути сокращения выбросов, варианты с наиболее эффективными технологиями или варианты с наименьшими затратами. Внедрение углеродного налога потребует реформирования национальной налоговой системы и межбюджетных отношений, а также перераспределения полномочий в сфере охраны [9]. Учет частичной абсорбции парниковых газов лесами позволит снизить риски введения углеродного налога, если будет принята модель углеродного регулирования.

**• Воздействие объектов ТЭК на водные ресурсы**

Перспективное развитие угледобывающей отрасли и энергетики в республике связано с ростом водопотребления, сброса сточных вод в поверхностные водоемы. В поверхностные водоемы от ТЭЦ поступают нормативно чистые (подогретые) воды, а существенный сток загрязненных вод поставляют угледобывающие компании и предприятия ЖКХ. Под влиянием угледобывочных работ подземные воды района разреза испытывают постоянную техногенную нагрузку. На трещины природного происхождения накладывается техногенная трещиноватость, что совместно с водоливными работами влечет за собой изменение фильтрационных параметров комплекса, скорости фильтрации водного потока и скорости распространения загрязнителей при непосредственном участии природных факторов. Разработка угольных месторождений сопровождается образованием сточных вод. Выявлены характерные загрязняющие вещества, сбрасываемые угледобывающими предприятиями со сточными водами в водные объекты.

Был изучен химический состав поверхностных и шахтных вод Межегейского угольного месторождения и выявлены характерные загрязняющие вещества, сбрасываемые угледобывающими предприятиями. В исследуемых пробах воды концентрация основных катионов и анионов не превышала предельно допустимые концентрации (ПДК), содержание гидрокарбонат-ионов в воде достигало 109,8 мг/дм<sup>3</sup>, нитрат-ионов – 5 мг/дм<sup>3</sup>, хлорид-ионов и сульфат-ионов – 36,3 мг/дм<sup>3</sup> и 2,4 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация катионов в исследуемых пробах воды не превышало ПДК. В табл. 2 представлены данные о содержании тяжелых металлов в исследуемых водах.

Содержание цинка, никеля и меди находилось в исследуемых водах в небольших количествах и не превышало ПДК, содержание свинца варьировало от 0,169 до 0,229 мг/дм<sup>3</sup>, что выше ПДК [10].

**• Отходы вскрышных пород при добыче угля**

При разработке угольных месторождений изменяются природные ландшафты, подвергаются воздействию био-



ценозы, в окружающей среде возможно появление повышенных содержаний веществ-загрязнителей. В республике разрабатываются четыре месторождения каменного угля: Каа-Хемское, Элегестское, Чаданское и Межегейское. На первых трех добыча каменного угля ведется открытым способом, на Межегейском месторождении применяется подземный способ. Добыча каменного угля открытым способом сопровождается удалением вышележащих горных пород над угольными пластами, в результате разработки месторождений образовалось более 300 млн т отвалов вскрышных пород (ежегодно в отвалы направляется более 3 млн т вскрышных пород). На Каа-Хемском месторождении длина отвалов достигает 4 км, а ширина достигает 500 м. Длина отвалов вскрышных пород Усть-Элегестского угольного разреза достигает 2 км, а ширина – не более 200 м; отвалы Чаданского угольного разреза занимают территорию длиной до 3 км, а шириной до 1 км. Общая площадь техногенно нарушенной территории (карьера и отвалов) составляет около 4,63 га [5]. Объемы вскрышных пород угледобычи приведены на рисунке.

Большие объемы вскрышных пород на Каа-Хемском угольном разрезе связаны с длительностью эксплуатации месторождения угля (с 1961 г.) и значительной толщиной вскрышных пород над угольными пластами (до 50 м).

При подземной добыче угля объем отвалов гораздо меньше, чем при добыче открытым способом, что минимизирует отрицательное влияние на окружающую среду. Однако шахты, которые эксплуатируются в течение долгого времени, характеризуются большим объемом породных отвалов, которые при наличии угля и при доступе кислорода способны к разогреву и самовозгоранию. Подземная добыча угля сопровождается негативными факторами – внезапные выбросы угля, породы и газа, горные удары, обрушения горной массы и оседание земной поверхности, крепи, вспышки и взрывы метана, эндогенная пожароопасность. Проблема рекультивации земель и восстановления ландшафта, нарушенного горными работами, использования золошлаковых отходов в сопряженных отраслях, а также возвращения сельскому и лесному хозяйству изъятых у них для промышленных нужд территорий приобретает большую актуальность, так как накопление отходов производства в регионе будет увеличиваться.

## ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В РЕГИОНЕ

Основные направления государственной политики в области снижения выбросов объединяют в себе три основных аспекта: экономический, социальный и экологический.

### • Экономический аспект снижения выбросов

Под экономическим аспектом проблемы снижения выбросов подразумеваются оптимальное использование природных ресурсов и применение экологичных природо- и энергосберегающих технологий, в том числе добычу топлива, его переработку, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов производства.

Так как в ближайшее время не представляется возможным отказаться от использования угля как основного источника топлива, необходимо при производстве тепловой энергии внедрять более эффективные энергетические технологии. Уменьшение негативного влияния ТЭК на среду обитания возможно за счет уменьшения энергоемкости всех производственных процессов. Необходимы современные разработки, предусматривающие приближение объектов выработки энергии к потребителю (при этом сокращаются затраты за счет повышения КПД топлива, снижаются риски от тепловых загрязнений); совершенствование физических и химических методов подготовки топлива для получения экологичного и энергетически выгодного горючего; модернизацию режимов горения; разработка эффективных очистных сооружений. Инновационное развитие угольной генерации должно происходить в двух направлениях:

– увеличение потребления низкокачественных углей и отходов производства должно быть обращено из недостатка в преимущество угольной генерации;

– переход от производства только энергии к комбинированному безотходному производству электрической и тепловой энергии, высокоценных продуктов углехимии.

Качество углей обуславливает создание производственного комплекса полного цикла, начиная от угледобывающих предприятий и заканчивая предприятиями глубокой переработки угля. Наиболее целесообразным был признан (2007 г.) сценарий развития комплекса на базе железнодорожного транспортирования угля. Именно по такому сценарию с государственно-частным партнерством предусматривалось освоение Элегестского месторождения с объемом добычи 12,5 млн т угля в год. Планировались доставка коксующегося концентрата внешним и внутренним потребителям, строительство 3 шахт и 2 обогатительных фабрик.

Элегестское месторождение обладает запасами около 1 млрд т коксующегося угля дефицитной марки «Ж» (общий объем запасов оценивается в 20 млрд т). 80% запасов находится в одном пласте толщиной 6,4 м. После ввода в эксплуатацию железной дороги по трассе Курагино–Кызыл уголь превратится из потенциального ресурса в реальную товарную ценность.

Освоение Эрбекского месторождения осложнено подземным пожаром, выгорание каменного угля продолжается до настоящего времени. Участок выгорания пласта «Улуг» расположен на правом обрывистом берегу р. Енисей в 20 км юго-западнее г. Кызыла, в 5 км от п. Эрбек. Расстояние от асфальтовой дороги – 500 м. Район подземного пожара характеризуется высокими значениями тепловых потоков, на поверхности почвы зафиксированы температуры до 440°C.

Необходимо изучение вопроса использования выделяющегося тепла для целей теплоснабжения г. Кызыла [11]. Внедрение перспективных технологий по переработке углей увеличит экономическую отдачу от применения угольного сырья, станет основой развития экономики и подъема уровня жизни населения.

### • Социальный аспект снижения выбросов

Социальной составляющей является идея соблюдения прав будущих поколений, поскольку природные ресурсы земли, в том числе и ресурсы Республики Тыва, являются общим наследием, включая как ныне живущих, так и те поколения, которые придут нам на смену. Снижение негативного влияния отраслей ТЭК республики при ориентации институциональной системы структурных преобразований на решение задач конкурентоспособного и инновационного уровня с природоохранным уклоном [12].

Сокращение антропогенного воздействия на природу – это смена ценностных установок как на личном, так и на общественном уровне. Обеспечение устойчивого развития требует не только новых технологий и инвестиций, но прежде всего социальных новаций, готовности отказаться от сиюминутной выгоды ради будущих поколений. Для этого необходимо улучшать качество социальной среды и здоровья населения, выходить на стабильные демографические показатели и повышение продолжительности жизни; осуществить переход к комфортному типу расселения, доступному для основной массы населения. Одним из социально значимых проектов целесообразно признать получение работниками угольной промышленности, ТЭК дополнительных форм поддержки за счет отраслевых соглашений и договоров о социальном партнерстве: строительство жилья и предоставление его работникам на льготных условиях, создание объектов социальной инфраструктуры (детских садов, школ, спортивных сооружений, лечебно-оздоровительных санаториев и профилакторий). Использование новых возможностей социальных проектов стало дополнительным фактором динамичного развития угольного бассейна Кемеровской области [13].

### • Экологический аспект снижения выбросов

С экологических позиций развитие ТЭК республики, чтобы обеспечивать целостность и жизнеспособность биологических и физических природных систем, прежде всего тех, от которых зависит глобальная стабильность всей биосферы, должно опираться на модернизацию и создание современных экологических установок с 98%-ной степенью очистки.

К основным направлениям экологической политики в области снижения выбросов в атмосферу относятся:

1. Снижение выбросов оксидов азота. Для снижения выбросов оксидов азота могут применяться как технологические мероприятия, так и различные технологии очистки дымовых газов, например, технологический метод подавления образования оксидов азота.

2. Снижение выбросов диоксида серы. Использование топлива с меньшим содержанием серы (сжигание малосернистых углей, использование мазута с низким содержанием серы, переход на сжигание природного газа), а также использование эффективных многоступенчатых золоулавливающих установок для улавливания сернистого ангидрида.

3. Сокращение выбросов парниковых газов. Снижение выбросов парниковых газов можно добиться с помощью следующих мероприятий:

– снижение удельных расходов топлива путем строительства энергетических установок с высоким КПД (газотурбинные, парогазовые установки);

– перевод котлов на сжигание газообразного топлива (эффект достигается за счет снижения коэффициента эмиссии диоксида углерода).

Снизить антропогенную нагрузку на атмосферу возможно путем использования угольных брикетов, в частности с отходами лесопиления и деревообработки, как в частном секторе, так и в котельных. За счет улучшения качества угля можно снизить объем дымовых выбросов, оксидов углерода, сернистого газа, оксидов азота и недожог горючих компонентов.

Строительство ТЭС вне границ г. Кызыла также позволит решить основные проблемы, связанные с загрязнением воздушного пространства, которые сегодня являются наиболее актуальными. Перевод многочисленных угольных котельных на природный газ позволит снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, устранить образование золошлаковых отходов. Оценки целесообразности использования природного газа в республике показывают, что газификация котельных возможна на основе добычи метана из угольных пластов Улуг-Хемского бассейна. Метаносодержание пласта 2.2 «Улуг» колеблется в пределах 2,26-17 м<sup>3</sup>/т сухой беззолной массы [14].

В республике используются республиканские целевые программы как инструмент управления природоохранной деятельностью: программа Республики Тыва «Охрана окружающей среды на период 2015-2020 годы», программа «Развитие транспортной системы Республики Тыва на 2014-2018 годы» и ряд других. Целевой республиканской программой «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Тыва до 2020 года» предусмотрены расходы на мероприятия по капитальному ремонту и замене тепловых сетей только по г. Кызылу в сумме 170,51 млн руб. на период 2016-2020 гг.

Использование альтернативных источников энергии позволит снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду. Республика Тыва располагает значительным потенциалом возобновляемых источников энергии, который в разы превышает энергетические потребности республики. На сегодняшний день самым доступным и менее затратным является потенциал солнечной энергии. Использование мобильных солнечных батарей для обеспечения электроэнергией удаленных сельскохозяйственных производителей поможет решить не только проблему снабжения энергией, но и минимизирует процесс негативного антропогенного воздействия за счет перевыпаса скота, а также позволит сельхозпроизводителям Тывы успешно развиваться, не разрушая привычного уклада хозяйства. Сегодня для этих целей используются дизельные генераторы, которые отличаются крайне высокими эксплуатационными издержками.

## ВЫВОДЫ

В настоящее время в Республике Тыва формируется одна из углепромышленных территорий России: динамично растут объемы добычи угля, создается соответствующая инфраструктура, прорабатывается возможность реализации проектов переработки угля. В Тыве отрабатывается система инструментов формирования основ устойчивого развития, в частности по снижению выбросов парниковых газов. В регионе реализуется ряд республиканских целевых про-

грамм развития отраслей реального сектора экономики на природоохранной основе.

Целью регулирования социально-экономического развития Тывы является последовательное решение ряда принципиальных задач, направленных на сокращение антропогенного воздействия на климатическую систему Республики Тыва, что в итоге должно привести к сокращению выбросов парниковых газов к 2020 г. не менее, чем на 25% от объема выбросов в 1990 г.; стабилизации экологической обстановки; коренному улучшению состояния окружающей среды за счет экологизации экономической деятельности в рамках институциональных и структурных преобразований, позволяющих обеспечить становление новой модели хозяйствования и широкое распространение экологически ориентированных методов управления; ведению хозяйственной деятельности в пределах емкости экосистем на основе массового внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий как основного параметра устойчивого развития.

Основными направлениями перехода Республики Тыва к устойчивому развитию на стадии формирования одной из углепромышленных территорий России являются:

– оценка хозяйственной емкости локальных и региональных экосистем республики, определение допустимого антропогенного воздействия на них, начиная с инвентаризации источников и объемов выбросов и поглощений парниковых газов;

– разработка системы стимулирования хозяйственной деятельности и установление пределов ответственности за ее экологические результаты по итогам мониторинга и построения системы отчетности по выбросам парниковых газов на базе ИСО 14064, при которых биосфера воспринимается уже не только как поставщик ресурсов, но и как фундамент жизни, сохранение которого должно быть неременным условием функционирования социально-экономической системы и ее отдельных элементов;

– немаловажной целью данного направления развития является привлечение «углеродных» инвестиций в экономику республики. Потенциал привлечения инвестиций через углеродные проекты в сферах экономики, где осуществляются мероприятия, направленные на сокращение (поглощение) выбросов парниковых газов. Проведение инвентаризации источников выбросов и создание республиканского кадастра выбросов послужат начальным этапом работы по созданию «углеродных» инвестиций в республику.

## Список литературы

1. Балакина Г.Ф., Ойдуп Т.М. Особенности формирования системы устойчивого развития региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. № 19 (160). С. 29-36.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России. НИА-Природа. 2017. 760 с.
3. Восточный вектор энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / Под ред. Н.И. Воропая, Б.Г. Санеева. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2011. 368 с.
4. Воскобойник М.П., Рожков А.А. Ретроспективная и прогнозная оценка эффективности технологического развития угольной промышленности России // Уголь. 2018. № 2. С. 48-53. doi: 10.18796/0041-5790-2018-2-48-53.

5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Тыва в 2016 году». Кызыл: 2016. 104 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/450280230> (дата обращения: 15.10.2018).

6. Alvaredo F., Atkinson A., Piketty Th., Saez E. The top 1 percent in international and historical perspective // *Journal of Economic Perspectives*. 2013. Vol. 27. N 3. Pp. 3-20.

7. Mankiw N.G. Defending the one percent // *Journal of Economic Perspectives*. 2013. Vol. 27. N 3. Pp. 21-34.

8. The World Bank. Carbon Tax Guide: A Handbook for Policy Makers // International Bank for Reconstruction and Development. 2017. March. URL: <http://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/> (дата обращения: 15.10.2018).

9. Гаврильева Т.Н., Максимов Т.Х., Ноговицын А.В. Корпоративные леса и модель углеродного регулирования в России // *ЭКО*. 2017. № 12. С. 113-127.

10. Sagar A.A., Kashkak E.S., Ondar U.V. Химический анализ поверхностных и шахтных вод территории Межегейского

угольного месторождения // Научные труды Тувинского государственного университета. Выпуск XVI. Материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов ТувГУ, посвященной Году экологии в РФ и Году молодежных инициатив в Туве, 21 октября 2017. Кызыл. С. 203-204.

11. Лебедев Н.И. Угли Тувы: состояние и перспективы освоения сырьевой базы. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. 2007. 180 с.

12. Рожков А.А., Соловенко И.С. Формирование и трансформация институциональной системы регулирования структурных преобразований в угольной отрасли на углепромышленных территориях России // *Уголь*, 2018, № 2. С. 40-47. doi: 10.18796/0041-5790-2018-2-40-47.

13. Harte S., Grävingsholt J., Pleines H., Shröder H-H. *Geschäfte mit der Macht*. Bremen. 2003. 383 p.

14. Куликова М.П. Газоносность угольных пластов Улуг-Хемского бассейна // *Вестник ТувГУ. Естественные и сельскохозяйственные науки*. Выпуск 2. 2016. С. 138-145.

UDC 622.85:620.9:502.7(571.52) © G.F. Balakina, M.P. Kulikova, 2018

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 96-101

#### Title

**ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF COAL INDUSTRY FORMATION IN THE REPUBLIC OF TYVA**

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-96-101>

#### Authors

Balakina G.F.<sup>1</sup>, Kulikova M.P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tuva Institute of Integrated Development of Natural Resources, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, 667007, Russian Federation

#### Authors' Information

**Balakina G.F.**, Doctor of Economic Sciences, Senior Researcher,

tel.: +7 (909) 528-99-80, e-mail: [balakina.gal@yandex.ru](mailto:balakina.gal@yandex.ru)

**Kulikova M.P.**, PhD (Chemical), Senior Researcher, Associate Professor,

tel.: +7 (913) 353-80-28, e-mail: [mpkulikova@mail.ru](mailto:mpkulikova@mail.ru)

#### Abstract

The paper considers the effect of the fuel and energy sector of the Republic of Tyva during formation of the coal industry territory on environmental elements, such as atmosphere, water, forest and land resources. To characterize the peculiarities of the republic's environmental problems, it results the data concerning the content of heavy metals in river and mine waters, the chemical composition and volume of greenhouse gases, and the content of emissions of common pollutants. The paper examines the possibilities of carbon regulation. It systematizes possible ways for reduction of emissions in the region, determines the economic, social and environmental aspects of this problem. The article draws the conclusion that in Tyva it is necessary to reduce the volume of greenhouse gases, to use the system of sustainable development formation tools, to implement a new business model and a widespread use of environmentally oriented management methods, including the development and implementation of republican target programs.

#### Keywords

Environmental challenges, Fuel-and-power sector, Coal production territory, Republic of Tyva, Environment.

#### References

- Balakina G.F. & Oydup T.M. Osobennosti formirovaniya sistemy ustoychivogo razvitiya regiona [Features of formation of a sustainable development system]. *Natsional'nyye interesy: priority i bezopasnost'* – National interests: priorities and safety, 2012, No. 19(160), pp. 29-36.
- Gosudarstvennyy доклад "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2016 godu" [State report "On state and environmental protection of the Russian Federation in 2016"]. Moscow, Ministry of Environment of Russia, National Information Agency "Natural Resources" Publ., 2017, 760 p.
- Voropay N.I. (ed.), Saneev B.G. (ed.) *Vostochnyy vektor energeticheskoy strategii Rossii: sovremennoye sostoyaniye, vzglyad v budushcheye* [The eastern vector of Russia's energy strategy: current state, looking into the future]. Novosibirsk, Academic Publishing House "Geo", 2011, 368 p.
- Voskoboinik M.P. & Rozhkov A.A. Retrospektivnaya i prognoznaya otsenka ehffektivnosti tekhnologicheskogo razvitiya ugol'noy promyshlennosti Rossii [Russian coal industry technological development efficiency historical and

predictive analysis]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 2, pp. 48-53. doi: 10.18796/0041-5790-2018-2-48-53.

5. Gosudarstvennyy доклад "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Respubliki Tyva v 2016 godu" [State report "On state and environmental protection of the Republic of Tyva in 2016"]. Kyzyl, 2016, 104 p. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/450280230> (accessed 15.10.2018).

6. Alvaredo F., Atkinson A., Piketty Th. & Saez E. The top 1 percent in international and historical perspective. *Journal of Economic Perspectives*, 2013, Vol. 27, No. 3, pp. 3-20.

7. Mankiw N.G. Defending the one percent. *Journal of Economic Perspectives*, 2013, Vol. 27, No. 3, pp. 21-34.

8. The World Bank. Carbon Tax Guide: A Handbook for Policy Makers. *International Bank for Reconstruction and Development*, 2017, March. Available at: <http://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/> (accessed 15.10.2018).

9. Gavrilyeva T.N., Maksimov T.Kh. & Nogovitsyn A.V. Korporativnyye lesa i model' uglerodnogo regulirovaniya v Rossii [Corporate forests and carbon regulation model in Russia]. *EKO*, 2017, No. 12, pp. 113-127.

10. Sagar A.A., Kashkak E.S. & Ondar U.V. Khimicheskiy analiz poverkhnostnykh i shakhtnykh vod territorii Mezhegeyskogo ugol'nogo mestorozhdeniya [Chemical analysis of surface and mine waters of the Mezhegeysk coal field]. *Nauchnyye trudy Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta – Scientific Works of the Tuva State University*, issue 16. Materials of the annual scientific and practical conference of lecturers, employees and graduate students of TuvSU, dedicated to the Year of Ecology in the Russian Federation and the Year of Youth Initiatives in Tuva, October 21, 2017. Kyzyl, pp. 203-204.

11. Lebedev N.I. *Ugli Tuvy: sostoyaniye i perspektivy osvoyeniya syr'yevoy bazy* [Coals of Tuva: state and prospects of the raw material base development]. Kyzyl, TuvIKOPR SB RAS Publ., 2007, 180 p.

12. Rozhkov A.A. & Solovenko I.S. Formirovanie i transformatsiya institutsional'noy sistemy regulirovaniya strukturnykh preobrazovaniy v ugol'noy otrasli na uglepromyshlennykh territoriyakh Rossii [Formation and transformation of the institutional system for the Russian coal industry and coal provinces structural transformations management]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 2, pp. 40-47. doi: 10.18796/0041-5790-2018-2-40-47.

13. Harte S., Grävingsholt J., Pleines H. & Shröder H-H. *Geschäfte mit der Macht*. Bremen, 2003, 383 p.

14. Kulikova M.P. Gazonosnost' ugol'nykh plastov Ulug-Khemskogo basseyna [Gas content of coal seams of Ulug-Khem basin]. *Vestnik TuvGU – Bulletin of TuvSU. Natural and Agricultural Sciences*, 2016, Issue 2, pp. 138-145.

# Влияние окисленных бурых углей и минерализованных карьерных вод на агрофизические свойства каштановых почв Селенгинского среднегорья Забайкалья\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-102-108>

## МАНГАТАЕВ Александр Цыренович

Канд. биол. наук,  
инженер Института общей  
и экспериментальной биологии СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: [aleksandr\\_man@mail.ru](mailto:aleksandr_man@mail.ru)

## БАДМАЕВ Нимажап Баяржапович

Доктор биол. наук,  
заведующий лабораторией Института общей  
и экспериментальной биологии СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: [nima\\_b@mail.ru](mailto:nima_b@mail.ru)

## ГОНЧИКОВ Бато-Мунко Николаевич

Канд. биол. наук,  
научный сотрудник Института общей  
и экспериментальной биологии СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: [batomunk74@mail.ru](mailto:batomunk74@mail.ru)

## КУЛИКОВ Анатолий Иннокентьевич

Доктор биол. наук,  
главный научный сотрудник Института общей  
и экспериментальной биологии СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: [kul-an52@mail.ru](mailto:kul-an52@mail.ru)

## ИЛЬИН Юрий Михайлович

Канд. с.-х. наук,  
доцент кафедры мелиорации и охраны земель  
Института землеустройства, кадастров и мелиорации  
ФГОУ ВПО Бурятская государственная  
сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова,  
670024, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: [yura646291@mail.ru](mailto:yura646291@mail.ru)

## СОРДОНОВА Маргарита Николаевна

Канд. с.-х. наук, доцент,  
заместитель директора по научной работе  
и инновациям  
ФГБПУ «Бурятский научно-исследовательский  
институт сельского хозяйства»,  
670045, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: [sordonova@yahoo.com](mailto:sordonova@yahoo.com)

*Рассмотрено влияние отходов угольной промышленности как мелиорантов почв. В полевом мелкоделяночном опыте в условиях распространения острозной мерзлоты Селенгинского среднегорья Забайкалья установлено влияние окисленных бурых углей и минерализованных карьерных вод на агрофизическое состояние каштановой почвы. Показано, что гранулометрический состав изменяется за счет уменьшения опесчаненности и увеличения количества пылеватых фракций. Отмечено влияние мелиорантов на математико-статистические расчеты энтропии. Комплексная мелиорация сопровождается увеличением содержания мезоагрегатов (3–0,25 мм) за счет уменьшения количества частиц с пониженной эрозионной устойчивостью (<0,25 мм). Отмечено улучшение водоудерживающих свойств каштановых почв. Установлено статистически достоверное увеличение выхода клубней картофеля при проведении физической мелиорации.*

**Ключевые слова:** каштановая почва, окисленные бурые угли, минерализованные карьерные воды, агрофизические свойства почвы, влагообмен.

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке следующих проектов:

– АААА-А17-117011810038-7 «Эволюция, функционирование и эколого-биогеохимическая роль почв Байкальского региона в условиях аридизации и опустынивания, разработка методов управления их продукционными процессами»;

– АААА-А17-117112870130-4 «Пространственно-временная оценка земель сельскохозяйственного назначения Восточной Сибири». Блок проекта «Теоретическое обоснование и методология оценки агроландшафтов на основе наземного мониторинга и дистанционного зондирования Земли» Комплексной программы фундаментальных научных исследований СО РАН II. 1;

– РФФИ №18-45-030033 «Количественное исследование динамики изменения климата почв на южной границе ареала многолетней мерзлоты под влиянием процесса глобального потепления в Западном Забайкалье»;

– РФФИ №18-016-00211 «Разработка научных основ эффективного землепользования в условиях засушливого климата с использованием методов дистанционного зондирования»;

– «Разработка современных ресурсосберегающих систем применения удобрений, обеспечивающих сохранение почвенного плодородия и рост производства сельскохозяйственной продукции» (№ 0803-2014-0002).



## ВВЕДЕНИЕ

Угледобывающая деятельность связана с накоплением промышленных отходов в виде окисленных бурых углей и минерализованных карьерных вод. В связи с этим возникает необходимость экологически безопасной утилизации побочных продуктов карьерной разработки угля, используя минерализованные карьерные воды (МКВ) для орошения, а окисленные бурые угли (ОБУ) как физический мелиорант легких каштановых почв, отличающихся неблагоприятными свойствами.

В литературе подробно описано влияние гуматов и гуминовых веществ, полученных из бурых углей, на продуктивность растений и свойства почв [1, 2, 3, 4, 5], но, к сожалению, воздействие бурого угля на свойства почвы и урожайность культур как физического мелиоранта исследовано недостаточно.

Цель работы – оценка влияния окисленных бурых углей и минерализованных карьерных вод на агрофизическое состояние каштановых почв.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на экспериментальном полигоне севернее Гусиноозерского угольного разреза (ГУР) на выровненной нагорной террасе Селенгинского среднегорья. Особенности климата Гусиноозерской котловины Забайкалья обусловлены географическим положением региона, находящегося в сфере контрастного воздействия холодного фронта Якутского термического минимума и жаркого и сухого воздуха центральноазиатских пустынь. Почвообразующие породы представлены рыхлыми отложениями четвертичной системы: на водоразделах это маломощный элювий плотных пород, на склонах – дресвянистые элювио-делювий и пролювий, нагорные террасы сложены мелкодисперсными суглинистыми обызвесткованными породами делювиально-пролювиальной природы [6, 7]. Основу растительности составляют разреженные травостои засухоустойчивых злаков (ковыли, типчак, мятлик, тонконог, вострец и другие) и немногочисленное низкое разнотравье (пижма, остролодочник, лапчатка пижмолистная, цимбария) [6, 7, 8].

В качестве объекта исследований выбрали каштановую супесчаную почву, которая по Новой классификации почв России [8] и Полевого определителя [9] относится к типу каштановых отдела аккумулятивно-карбонатных малогумусных постлитогенного ствола. Эти почвы формируются при экстраконтинентальных климатических параметрах (холодная длинная зима и засушливое короткое лето) и в условиях островного типа многолетней мерзлоты. Каштановые почвы характеризуются нейтральной реакцией среды (рН водной вытяжки – 6,9–7), сумма обменных катионов – 13,1 смоль (экв)/кг, в которой основная доля приходится на  $\text{Ca}^{2+}$  (10 смоль(экв)/кг), содержание гумуса невысокое ( $1,5 \pm 0,14\%$ ), при запасах 58 т/га в слое 0–20 см, 105 т/га в слое 0–50 см [7]. Легкий гранулометрический состав и щебнистость каштановых почв обуславливают низкую водоудерживающую способность, высокую водо- и воздухопроницаемость почв. Для улучшения физических свойств требуются мероприятия по повышению продуктивности каштановых почв (от мелиоративного использования ОБУ и

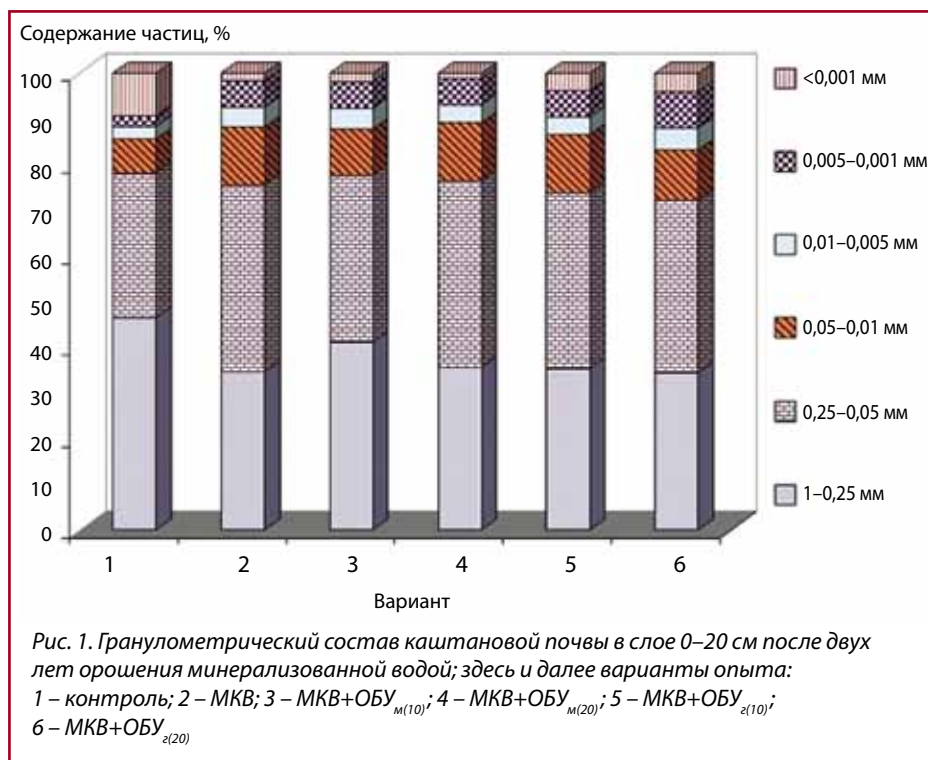
МКВ ожидали изменения свойств каштановой почвы – повышения устойчивости к засухе и дефляции и повышения продуктивности).

Окисленные бурые угли ГУР по промышленной классификации относятся к группе высокоуглефицированных углей класса «Б-3» [5, 10, 11]. Угли являются витринитовыми, твердыми, хрупкими, относительно плотными, обладают блеском и однородным видом, с пылеватой структурой, не имеющей запаха. Плотность твердой фазы – 2,1 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения –  $1,6 \pm 0,09$  г/см<sup>3</sup>. Большой общий объем пор, предположительно, делает угли подходящим материалом для увеличения влагоемкости почв, улучшения соотношения почвенных фаз, возможно, для благоприятного изменения агрегатного и химического составов и др. [1, 11]. В составе Гусиноозерских углей присутствуют гуминовые кислоты, которые обуславливают высокую концентрацию ионов водорода и уменьшают рН до 3,5–4,5. Выход гуминовых кислот обычно составляет 35–70%, содержание углерода – 61,1–63%. Количество минеральных элементов (%): Ca – 11,2; P – 0,59; S – 0,57; K – 0,53; H – 3,5; N – 1,9; O – 44,1, зольность – 15,1%. В углях содержатся биофильные микроэлементы: Cu, Zn, Mg, Md, Co и редкоземельные элементы. Количество тяжелых металлов невысоко и не превышает ПДК в почвах. Как показали ранее проведенные детальные исследования [12], МКВ имеют повышенную минерализацию, но она не достигает критических пределов экологической опасности при применении для орошения.

В качестве мелиоранта применяли ОБУ двух фракций: мелкого (илистого <0,001 мм) и грубого измельчения (1–3 мм). Опыты проводили с применением орошения МКВ. Vegetационные поливы вели 7–8 раз нормой 400 м<sup>3</sup>/га, при этом оросительная норма составила 3000 м<sup>3</sup>/га. Мелкоделяночные опыты закладывали в четырехкратной повторности на делянках площадью 1 м<sup>2</sup> по схеме:

- контроль (без орошения);
- полив МКВ;
- МКВ + ОБУ<sub>м(10)</sub> – на фоне полива МКВ внесение мелкоизмельченного ОБУ в дозе 10 т/га;
- МКВ + ОБУ<sub>м(20)</sub> – на фоне полива МКВ, внесение мелкоизмельченного ОБУ в дозе 20 т/га;
- МКВ + ОБУ<sub>г(10)</sub> – на фоне полива МКВ, внесение грубоизмельченного ОБУ в дозе 10 т/га;
- МКВ + ОБУ<sub>г(20)</sub> – на фоне полива МКВ, внесение грубоизмельченного ОБУ в дозе 20 т/га.

Измельченный уголь вносили равномерным слоем на поверхность почвы, заделку проводили вручную на глубину 18–20 см. Погодные условия вегетационных периодов за годы исследования были характерными для климата сухой степи Селенгинского среднегорья. В эти годы типично проявилась весенняя и раннелетняя засуха. С мая по сентябрь выпало осадков в первый год 179 мм, а во второй – 197 мм, против среднемноголетней – 238 мм. Температура воздуха вегетационного периода превышала среднемноголетний показатель на 0,3–2,4 °С. Для определения агрофизических свойств и режимов использовали общепринятые методики, изложенные в ряде руководств [2, 13, 14]. Полученные результаты исследования обрабатывали с помощью аппарата математической статистики [15, 16].



**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Изучение проблемы утилизации отходов угольной промышленности и оценка экологического состояния почв угольных месторождений проводились многими исследователями [6, 10, 11, 12]. Поэтому результаты использования углей как средства оптимизации свойств почвы в качестве мелиоранта имеют важное практическое и экологическое значение.

Гранулометрический состав почв может быть записан в виде формулы из шести чисел, отражающих содержание основных гранулометрических фракций: ила, мелкого песка и крупного (+ среднего) песка, округленных до целых [14].

После двухлетнего орошения каштановой почвы минерализованной водой по сравнению с контрольным вариантом в 0–20 см слое происходит заметное изменение гранулометрического состава со снижением опесчаненности (на 0,3–5,9%), особенно заметного за счет фракции крупного песка. При внесении угля на фоне орошения наблюдался рост пылеватости почв (относительно контрольного варианта на 62–88%), преимущественно за счет крупнопылевой фракции (рис. 1).

Уменьшение содержания илистой фракции при орошении в верхнем слое 0–20 см, по-видимому, связано с легкостью миграции частиц этой размерности по крупным полостям почвы при инфильтрации влаги. В работе [3] этот процесс связывают с провальной водопроницаемостью, которая свойственна и изученной легкой каштановой почве. Изменение водного режима почв при их длительном орошении приводит к ряду изменений в илистой

фракции (уменьшению содержания смектитовой фазы, увеличению количества гидрослюд, каолинита, кварца), то есть происходит профильная дифференциация минеральных компонентов [17]. По мнению некоторых исследователей [3, 7, 17], последствия орошения почв минерализованными водами зависят не только от концентрации и состава солей в оросительных водах, но и от химического состава почв. Растворение гумусовых кислот, связанных с кальцием, склеивающих почвенные частицы, способствует распылению агрегатов. В работе [14] показано, что физико-механические свойства почв, в частности прочность агрегатов и зависимость сопротивления расклиниванию от влажности, наиболее заметно (достоверно) реагируют на длительное применение минеральных и органических удобрений, так как

отражают изменения межчастичных структурных связей. При ослаблении связей между частицами в два раза увеличивается содержание воднопептизированного ила и в 1,5 раза агрегированного ила первой категории за счет уменьшения доли прочносвязанного и агрегированного ила второй категории. Происходит перераспределение общего количества органических веществ, связанных с илом.

Для обобщенной характеристики гранулометрического состава почв рассчитывали его энтропию (*H*) по формуле Шеннона [15]:

$$H = - \sum p_i \log p_i$$

где *p<sub>i</sub>* – содержание фракций в долях единиц в слое.

В нашем случае энтропия являлась мерой упорядоченности гранулометрических фракций в различных горизонтах. При этом максимальная энтропия свидетельствует о слабой сортированности, то есть равномерном распределении всех фракций, а минимум показывает высокую степень сортированности и преобладание определенных фракций. Как и все логарифмические функции, *H*-функция очень чувствительна при малых сдвигах аргумента и плохо отражает более масштабные изменения. Это свойство показателя хорошо применимо в нашем случае, поэтому неортогональность перестроения *H*-функции оказывается полезным. Как показывали расчеты (табл. 1), энтропия гранулометрического состава почвы начинает расти уже под влиянием только минерализованных вод, а при совместном действии физического мелиоранта и оросительной воды происходит дальнейшее увеличение функции.

Таблица 1

**Изменение энтропии (в битах) гранулометрического состава почв под влиянием комплексной мелиорации, слой 0–20 см**

Вариант	Контрольный вариант	МКВ	МКВ+ОБУ <sub>м(10)</sub>	МКВ+ОБУ <sub>м(20)</sub>	МКВ+ОБУ <sub>г(10)</sub>	МКВ+ОБУ <sub>г(20)</sub>
Энтропия	1,9075	1,9682	1,9378	1,9328	2,0410	2,0986

**Изменение физических свойства каштановых почв в слое 0–20 см в среднем за два года мелиорации**

Вариант	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Пористость, %
	Твердой фазы	Почвы	
Контрольный	2,48	1,36	45,1
МКВ	2,39	1,42	40,6
МКВ+ОБУ <sub>м(10)</sub>	2,39	1,39	41,8
МКВ+ОБУ <sub>м(20)</sub>	2,36	1,32	44,0
МКВ+ОБУ <sub>г(10)</sub>	2,39	1,40	41,4
МКВ+ОБУ <sub>г(20)</sub>	2,35	1,35	42,6

Это свидетельствует об усложнении структурной организации гранулометрического состава мелиорируемых почв за счет увеличения статистического рассеяния частиц по размерам. Особенно значительные структурные изменения происходят при внесении повышенных доз угля фракции 1–3 мм на фоне орошения.

Расчетом *t*-критерия Стьюдента доказана статистическая достоверность различий по гранулометрическому составу контрольного опыта относительно остальных вариантов. Это указывает на влияние изученных мелиоративных приемов на гранулометрический состав. Удельная поверхность почвы в контрольном варианте составляла 33,7–34,5 м<sup>2</sup>/г (табл. 2). Небольшая величина связана с тем, что почва представлена в основном грубодисперсным материалом.

Обращает на себя внимание временная динамика величины удельной поверхности мелиорированной почвы. Если в контрольном варианте и варианте с поливом МКВ изменения в первый год незначительны и лежат в пределах ошибки, то при применении физического мелиоранта, независимо от дозы и степени измельчения, на второй год величина удельной поверхности почвы заметно увеличивается, что может быть связано с относительно быстрой деструкцией угля, помещенного в почвенную среду, и, возможно, новообразованием агрегатов при взаимодействии с карьерной водой.

Изученная каштановая почва имеет неблагоприятное структурно-агрегатное состояние, что проявляется в высоком содержании микроагрегатных (<0,25 мм) наиболее эрозионноопасных фракций, количество которых при сухом просеивании достигает 26,4%. По изменению содержания агрегатов 0,25–10 мм можно констатировать, что при внесении бурых углей оструктуренность почв улучшается, а при орошении без физической мелиорации – ухудшается (их меньше на 3,6–8,6%). При совместном воздействии орошаемой воды и физического мелиоранта происходит увеличение такого комплексного показателя, как коэффициент структурности. Он достигает максимального значения (3,67–3,69) на второй год опыта в вариантах внесения мелиоранта дозой 20 т/га. Количество водоустойчивых агрегатов, определяемое [14] как сумма агрегатов 3–10 и 3–0,25 мм после мокрого просеивания, увеличивается (до 11%) по сравнению с контрольным на всех вариантах внесения угля. Усиление оструктурирования изученной почвы происходит вследствие того, что частицы бурых углей являются первичными ядрами агрегатообразования [14, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Таблица 2

**Удельная поверхность в слое 0–20 см каштановых почв, м<sup>2</sup>/г**

Вариант	Годы исследования		Среднее
	Первый	Второй	
Контрольный	33,7	34,5	34,1
МКВ	36,7	50,3	43,5
МКВ+ОБУ <sub>м(10)</sub>	42,1	56,5	49,3
МКВ+ОБУ <sub>м(20)</sub>	36,7	50,2	43,5
МКВ+ОБУ <sub>г(10)</sub>	34,1	53,7	43,9
МКВ+ОБУ <sub>г(20)</sub>	37,0	52,4	44,7

Внесение органического мелиоранта вызывает некоторое уменьшение величины плотности твердой фазы, так как при этом происходит частичное замещение минерального компонента почвы более легким материалом угля (табл. 3).

При этом величина плотности почвы при орошении несколько повышается (относительно контрольного варианта на 4,5%). Орошение и внесение углей, особенно высокими дозами по сравнению с вариантами орошения без физического мелиоранта, вызывают рыхление почв, обусловленное улучшением структурно-агрегатных характеристик. Величина плотности почвы уменьшается с 1,36 в контрольном варианте и 1,42 г/см<sup>3</sup> в варианте орошения до 1,32 г/см<sup>3</sup> при применении высокой дозы ОБУ. Расчеты критерия Пирсона ( $\chi^2$ ) показывают, что влияние орошения и внесения углей на плотность почвы достоверно на уровне значимости  $P > 0,95$ .

При орошении без дополнительной физической мелиорации общая пористость уменьшается из-за роста плотности, в среднем за два года от 45,1 на контрольном варианте до 40,6 % в варианте орошения минерализованной водой. Внесение физического мелиоранта способствует увеличению пористости по сравнению с одним орошением на 0,8–3,2%.

Изученная почва по пористости аэрации относится к категории высокой и очень высокой [2, 8, 9, 13]. Так, на долю пор, занятых воздухом, при влажности наименьшей влагоемкости, приходится от 19 до 30% объема почвы. Орошение МКВ приводит к уменьшению пористости аэрации всего на 3–5% от объема почвы. При мелиорации почв ОБУ на фоне полива МКВ наблюдается тенденция снижения пористости аэрации. Однако во всех случаях она остается значительно больше критического предела (15% объема). Например, в варианте внесения повышенной дозы угля грубого помола поры аэрации в слое 0–10 см достигают 26%. С большой аэрацией каштановых почв связано непродуктивное расходование влаги в теплый период.

При физической мелиорации начинают действовать два встречных процесса, описываемые функциями:  $\Pi_a = f(\Pi_o)$  – чем больше общая пористость ( $\Pi_o$ ), тем больше пористость аэрации ( $\Pi_a$ ), и  $\Pi_a = -f(\Pi_k)$  – чем больше капиллярная пористость, которую для данного случая можно принять численно равной наименьшей влагоемкости ( $\Pi_k$ ), тем меньше пористость аэрации ( $\Pi_a$ ). Действительно, корреляционная связь между общей пористостью и пористостью аэрации  $r_{\Pi_a(\Pi_o)} = 0,1922$ , а связь пористости

аэрации с наименьшей влагоемкостью  $r_{Па(Пк)} = -0,5123$ . Величина максимальной гигроскопичности невелика и колеблется в пределах 3,1–4,8 мм. В соответствии с этим значение и вариабельность влажности завядания (ВЗ) также невелики. Орошение МКВ вызывает некоторое увеличение значений максимальной гигроскопичности и ВЗ, что более заметно на второй год исследований и вызвано перераспределением за это время тонкодисперсной фракции в слое движения фронта смачивания и фильтрации оросительной воды. Качественное улучшение структуры порового пространства мелиорированной почвы, выражается в повышении содержания влаги наименьшей влагоемкости (НВ). Величина наименьшей влагоемкости в почве контрольного варианта составляет 14–15% от объема почвы или 30 мм для слоя 0–20 см. Запас недоступной влаги при ВЗ колеблется от 4 до 5 мм в слоях 0–10 см. Разность между запасом влаги при ВЗ и запасом капиллярно повешенной влаги при НВ определяет диапазон активной влаги, который в слое 0–20 см составляет 20 мм.

Орошение МКВ вызывает некоторое увеличение как НВ, так и диапазона активной влаги. Это может быть связано с перераспределением тонких частиц, как почвенных, так и внесенных в виде мелиоранта, и соответствующей перестройкой структуры порового пространства. Применение ОБУ на фоне орошения вызывает дальнейшее улучшение водоудерживающих условий почв, чему благоприятствует целый ряд изменений агромелиоративного состава и свойств: гранулометрического и агрегатного составов, величины удельной поверхности в агрономически полезную сторону, увеличение плотности сложения, и, следовательно, изменение структуры порового пространства. Величина НВ достигает максимума при орошении и применении максимальных доз тонкоизмельченного мелиоранта (рис. 2). В то же время максимум ВЗ отмечается в варианте с внесением ОБУ грубого помола. Следствием этого является спад на диаграмме динамики величины диапазона активной влаги.

Таким образом, комплексная мелиорация может служить эффективным приемом улучшения агрогидрологических свойств легких каштановых почв. Полив карьер-

**Влияние комплексной мелиорации на урожай картофеля,  $n = 4$  (среднее за два года)**

Вариант	Урожай, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
Контрольный	43,4	–	–
МКВ	51,5	8,1	18,7
МКВ+ОБУ <sub>м(10)</sub>	54,5	11,1	25,6
МКВ+ОБУ <sub>м(20)</sub>	57,4	14,0	32,3
МКВ+ОБУ <sub>г(10)</sub>	55,1	11,7	27,0
МКВ+ОБУ <sub>г(20)</sub>	53,1	9,7	22,4
НСР <sub>0,95</sub>	3,29	–	–

ной водой приводит к изменению качественного состава солей, тип засоления изменяется с хлоридно-сульфатного на содово-сульфатный и сульфатно-содовый, но содержание солей не превышает порог токсичности. Внесение углей увеличивает содержание легкорастворимых солей в почве, но оно находится в пределах нетоксичного воздействия на почву и растения.

Эффективность мелиорации в наших исследованиях проверяли по массе выхода клубней картофеля районированного сорта Волжанин. Агротехника выращивания картофеля была общепринятой для региона. Данные об урожайности подвергли дисперсионному анализу по [15, 16] (табл. 4).

Во всех вариантах отмечена достоверная прибавка урожая от внесения удобрений по сравнению с контрольным вариантом. Применение орошения МКВ дало достоверную прибавку урожая 10 ц/га (18,7%). Внесение бурых углей в разных фракциях доводит прибавку до 32%, что свидетельствует об оптимизации условий роста и развития растений. Действие ОБУ средней фракции на повышение урожая картофеля было несколько ниже, чем в вариантах с ОБУ тонкой фракции. Это связано с тем, что при внесении в почву тонкодисперсной фракции ОБУ увеличивается содержание илистой фракции, увеличивается влагоемкость и уменьшается водопроницаемость, более грубые фракции ОБУ такими физическими эффектами обладают в меньшей степени.

**ВЫВОДЫ**

1. Внесение измельченного окисленного угля в сочетании с орошением минерализованной карьерной водой способствует уменьшению опесчаненности, увеличению количества пылеватых частиц и величины удельной поверхности почвы и, соответственно, водоудерживающей способности мелиорированного слоя.
2. Комплексная мелиорация сопровождается ростом содержания мезоагрегатов за счет уменьшения количества эрозионноопасных частиц, также увеличивается водоустойчивость агрегатов, особенно при внесении мелких фракций угля.
3. Окисленные бурые угли при измельчении до размеров фракций ме-

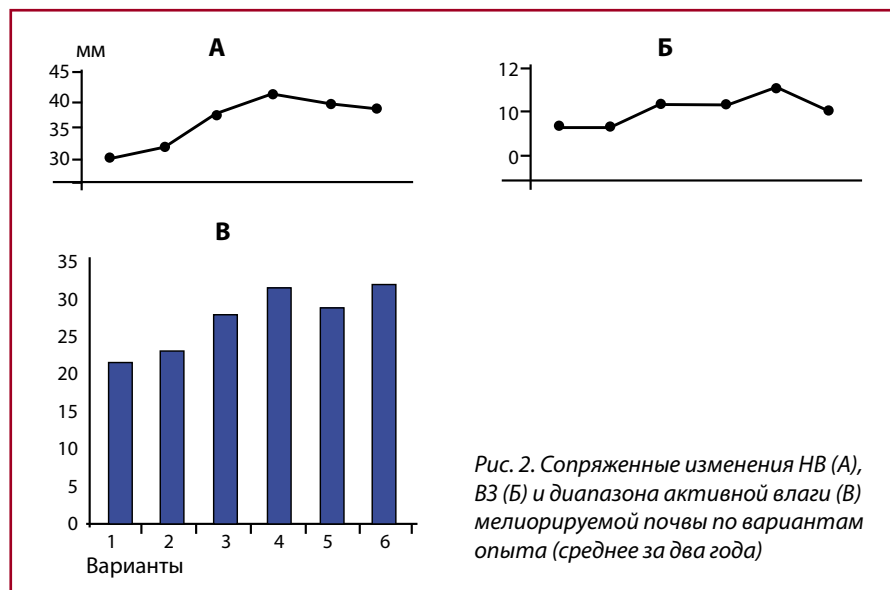


Рис. 2. Сопряженные изменения НВ (А), ВЗ (Б) и диапазона активной влаги (В) мелиорируемой почвы по вариантам опыта (среднее за два года)

нее 1–3 мм являются физическим мелиорантом, что на фоне орошения гарантированно повышает урожайность картофеля более чем на 20%.

### Список литературы

1. Исследование гуминовых веществ ископаемых углей месторождений Забайкалья / Б.Ц. Батуев, Е.В. Золтоев, Г.И. Хантургаева и др. / Материалы конференции «Устойчивое развитие: проблемы охраняемых территорий и традиционное природопользование в Байкальском регионе». Улан-Удэ, 1999. С. 194.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. Информационное обеспечение оценки наземной экосистемы при разработке Азейского бурогоугольного месторождения с применением дистанционных средств зондирования Земли / И.В. Зеньков, Б.Н. Нефедов, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2015. № 9. С.85-90. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/092015.pdf> (дата обращения: 15.10.2018).
4. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: СО РАСХН, 2004. 162 с.
5. Стадников Г.Л. Самовозгорающиеся угли и породы, их геохимическая характеристика и методы опознавания. М.: Углетехиздат, 1956. 405 с.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
7. Куликов А.И., Мангатаев Ц.Д. Изменение солевого режима чернозема при орошении минерализованной водой // Почвоведение. 2000. № 3. С. 346–353.
8. Копытов А.И., Антонов Ю.В. Утилизация отходов предприятий энергетики Кузбасса. Проблемы и перспективы // Вестник КузГТУ. 2013. № 3. С. 62–64.
9. Полевой определитель почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
10. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса / В.П. Потапов, В.П. Мазикин, Е.Л. Счастливцев, Н.Ю. Вашлаева. Новосибирск: Наука, 2005. 660 с.
11. Уланов Н.Н. Угли Забайкалья. Улан-Удэ: Издательство РГУ, 1975. 235 с.
12. Куликов А.И., Дугаров В.И., Корсунов В.М. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности. Улан-Удэ: Издательство БНЦ СО РАН, 1997. 312 с.
13. Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, 1966. 259 с.
14. Шопхоев С.П. Удобрения и способы их применения в условиях Бурятии. Улан-Удэ, 1964. 230 с.
15. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Издательство МГУ, 1995. 292 с.
16. Зайдельман Ф.Р., Беличенко М.В. Изменение физических свойств и гидрологического режима почв московской поймы под влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 1999. № 11. С. 1376–1392.
17. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: методическое руководство / Е.В. Шеин, Т.А. Архангельская, В.М. Гончаров и др. М.: Издательство МГУ, 2001. 200 с.
18. Мангатаев А.Ц. Влияние окисленных бурых углей и минерализованных карьерных вод на свойства каштановых почв Селенгинского среднегорья: автореферат дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2007. 20 с.
19. Чижикова Н.П., Барановская В.А., Хитров Н.Б. Влияние длительного орошения на степень агрегированности и минералогический состав илистой фракции темно-каштановых почв Заволжья // Почвоведение. 2011. № 8. С.978–994.
20. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск: Наука, 1975. 299 с.
21. Frouz J. Conclusions and practical implications. In: Frouz J. (Ed.) Soil biota and ecosystem development in post mining sites. // CRC Press, Boca Raton. 2013. Pp. 290–302.
22. Occurrence of soil water repellency in the North and South Island under pasture / P. Jeyakumar, K. Müller, J.A. Carter, C. Disel, K. Mason, R. Blackburn, B. Clothier // Wispas, A Newsletter about water in the soil – plant – atmosphere system. Published by Plant and Food Research. 2014. Vol. 117. Pp. 1176–2292.
23. Sepehrnia N., Hajabbasi M., Afyuni M. Soil water repellency changes with depth and relationship to physical properties within wettable and repellent soil profiles // Journal of Hydrology and Hydromechanics. 2016. Vol. 65(1). Pp. 99–104. Retrieved 11 Jul. 2017: doi: 10.1515/johh-2016-0055.
24. Sullivan Z.A. Soil organic matter and water-stable aggregates in soil // J. Soil Sci. 1990. Vol. 41. Pp. 529–534.
25. Young J.L., Spycher G. Water-dispersible soil organic-mineral particles: I / Carbon and nitrogen distribution // Soil Sci. Soc. Am. J. 1979. Vol. 3. Pp. 324–328.

UDC 631.8:631.43 © A.Ts. Mangataev, N.B. Badmaev, B.-M.N. Gonchikov, A.I. Kulikov, Yu.M. Ilyin, M.N. Sordonova, 2018  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 11, pp. 102-108

### Title

**INFLUENCE OF OXIDIZED BROWN COAL AND MINERALIZED CAREER WATER ON CHANGE OF CASTANOEZEMS AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SELENGINSKY MEDITERRANEAN OF TRANSBAIKALIA**

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-102-108>

### Authors

Mangataev A.Ts.<sup>1</sup>, Badmaev N.B.<sup>1,2</sup>, Gonchikov B.-M.N.<sup>1</sup>, Kulikov A.I.<sup>1,2</sup>, Ilyin Yu.M.<sup>3</sup>, Sordonova M.N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institute of the General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, 670047, Russian Federation

<sup>2</sup> Buryat State University, Ulan-Ude, 670000, Russian Federation

<sup>3</sup> Buryat State Academy of Agriculture named V. Philippov, Ulan-Ude, 670024, Russian Federation

<sup>4</sup> Buryat Research Institute of Agriculture, Ulan-Ude, 670045, Russian Federation

## Authors' Information

**Mangataev A. Ts.**, PhD (Biological), Engineer, e-mail: aleksandr\_man@mail.ru

**Badmaev N. B.**, Doctor of Biological Sciences, Head of laboratory, e-mail: nima\_b@mail.ru

**Gonchikov B. M. N.**, PhD (Biological), Researcher, e-mail: batomunk74@mail.ru

**Kulikov A. I.**, Doctor of Biological Sciences, Researcher, e-mail: kul-an52@mail.ru

**Ilyin Yu. M.**, PhD (Agricultural), Associate Professor at the Department of melioration and protection of lands of Institute of land management, inventories and melioration, e-mail: yura646291@mail.ru

**Sordonova M. N.**, PhD (Agricultural), Associate Professor, Deputy Director for Scientific and Innovations, e-mail: sordonova@yahoo.com

## Abstract

The influence of coal industry waste as soil meliorants is considered. In the field of small-scale experiments in the conditions of the distribution of island permafrost in the Selenginsky middle reaches of Transbaikalia, the influence of oxidized brown coals and mineralized quarry waters on the agrophysical state of castanozems was established. It is shown that the granulometric composition changes due to the reduction of sanding and the increase in the amount of dusty fractions. The influence of meliorants has been noted by mathematical-statistical calculations of entropy. Complex melioration is accompanied by an increase in the content of mesoaggregates (3-0.25 mm) due to a decrease in the number of particles with reduced erosion resistance (<0.25 mm). Improvement of water-retaining properties of castanozems was noted. A statistically significant increase in the yield of potato tubers during physical reclamation was established.

## Keywords

Castanozems, Oxidized brown coals, Mineralized quarry waters, Agrophysical properties of soil, Moisture exchange.

## References

- Batuev B. Ts., Zoltoev E. V., Khanturgaeva G. I. et al. *Issledovaniye guminovykh veshchestv iskopayemykh ugley mestorozhdeniy Zabaykal'ya* [Study of humic degradation matters of the Trans-Baikal fields fossil coal] Materialy konferentsii "Ustoychivoye razvitiye: problemy okhranyayemykh territoriy i traditsionnoye prirodopol'zovaniye v Baykal'skom regione" [Materials of the conference "Sustainable development: problems of protected areas and traditional environmental management in the Baikal region"]. Ulan-Ude, 1999, p. 194.
- Vadyunina A. F. & Korchagina Z. A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for studying the physical properties of soil]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 416 p.
- Zenkov I. V., Nefedov B. N., Yuronen Yu. P. et al. Informatsionnoe obespechenie otsenki nazemnoj ehkositemy pri razrabotke Azejskogo burougol'nogo mestorozhdeniya s primeneniem distantsionnykh sredstv zondirovaniya Zemli [Information support of evaluation of the surface ecosystem during development of the Aseyk brown coal field using remote Earth probing means]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2015, No. 9, pp. 85-90. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/092015.pdf> (accessed 15.10.2018).
- Sorokin O. D. *Prikladnaya statistika na komp'yutere* [Application statistics on the computer]. Krasnoobsk, Siberian Branch Russian Academy of Agricultural Sciences, 2004, 162 p.
- Stadnikov G. L. *Samovozgorayushchiyaya ugli i porody, ikh geokhimiya i kharakteristika i metody opoznaniya* [Spontaneously inflammable coals and rocks, their geochemical characteristics and methods of identification]. Moscow, Ugletekhizdat Publ., 1956, 405 p.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnosis of soils of Russia]. Smolensk, Oyikumena Publ., 2004, 341 p.
- Kulikov A. I. & Mangataev Ts. D. *Izmeneniye solevogo rezhima chernozema pri oroshenii mineralizovannoy vodoy* [Change of black soil salt regime under irrigation with mineralized water]. *Pochvovedeniye - Soil Science*, 2000, No. 3, pp. 346-353.
- Kopytov A. I. & Antonov Yu. V. *Utilizatsiya otkhodov predpriyatiy energetiki Kuzbassa. Problemy i perspektivy* [Recycling of Kuzbass power facilities waste. Problems and prospects]. *Vestnik KuzGTU - Bulletin of KuzGTU*, 2013, No. 3, pp. 62-64.
- Polevoy opredelitel' pochv* [Field determinant of soils]. Moscow, V. V. Dukuchaev Soil Institute Publ., 2008, 182 p.
- Potapov V. P., Mazikin V. P., Schastlivtsev E. L. & Vashlaeva N. Yu. *Geoekologiya ugledobyvayushchikh rayonov Kuzbassa* [Geoecology of Kuzbass coal-mining regions]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005, 660 p.
- Ulanov N. N. *Ugli Zabaykal'ya* [Trans-Baikal coals] Ulan-Ude, RGU Publ., 1975, 235 p.

12. Kulikov A. I., Dugarov V. I. & Korsunov V. M. *Merzlotnyye pochvy: ekologiya, teploenergetika i prognoz produktivnosti* [Permafrost soils: ecology, power system and productivity forecast]. Ulan-Ude, Baikal Research Centre SB RAS Publ., 1997, 312 p.

13. *Agrofizicheskiye metody issledovaniya pochv* [Agrophysical methods of soil research]. Moscow, Nauka Publ., 1966, 259 p.

14. Shophoev S. P. *Udobreniya i sposoby ikh primeneniya v usloviyakh Buryatii* [Fertilizers and methods of their use in the conditions of Buryatia]. Ulan-Ude, 1964, 230 p.

15. Dmitriev E. A. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii* [Mathematical statistics in soil science]. Moscow, Moscow State University Publ., 1995, 292 p.

16. Zaydelman F. R. & Belichenko M. V. *Izmeneniye fizicheskikh svoystv i gidrologicheskogo rezhima pochv moskvoretskoy poymy pod vliyaniem melioratsii i sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya* [Changes in physical properties and hydrological regime of the Moscow floodplain soils under influence of land reclamation and agricultural use]. *Pochvovedeniye – Soil Science*, 1999, No. 11, pp. 1376-1392.

17. Shein E. V., Arkhangelskaya T. A., Goncharov V. M. et al. *Polevyie i laboratornyye metody issledovaniya fizicheskikh svoystv i rezhimov pochv: metodicheskoye rukovodstvo* [Field and laboratory methods for studying physical properties and soil regimes: methodological guide]. Moscow, Moscow State University Publ., 2001, 200 p.

18. Mangataev A. Ts. *Vliyaniye oksilennykh burykh ugley i mineralizovannykh kar'yernykh vod na svoystva kashtanovykh pochv Selenginskogo srednegor'ya*. Diss. kand. biol. nauk [Effect of oxidized brown coal and mineralized pit water on properties of chestnut soils of the Selenga middle mountains. PhD (Biology) diss.]. Ulan-Ude, 2007, 20 p.

19. Chizhikova N. P., Baranovskaya V. A. & Khitrov N. B. *Vliyaniye dlitel'nogo orosheniya na stepen' agregirovannosti i mineralogicheskiy sostav ilisty fraktsii temno-kashtanovykh pochv Zavolz'ya* [Effect of long-term irrigation on the degree of aggregation and mineralogical composition of the silt fraction of dark chestnut soils in the Trans-Volga region]. *Pochvovedeniye – Soil Science*, 2011, No. 8, pp. 978-994.

20. Trofimov S. S. *Soil Ecology and Soil Resources of the Kemerovo Region* [Soil ecology and soil resources of the Kemerovo region]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975, 299 p.

21. Frouz J. Conclusions and practical implications. In: Frouz J. (Ed.) *Soil biota and ecosystem development in post mining sites*. CRC Press, Boca Raton, 2013, pp. 290-302.

22. Jeyakumar P., Müller K., Carter J. A., Disel C., Mason K., Blackburn R. & Clothier B. Occurrence of soil water repellency in the North and South Island under pasture. *Wispas, A Newsletter about water in the soil – plant – atmosphere system*. Published by Plant and Food Research, 2014, Vol. 117, pp. 1176-2292.

23. Sephernia N., Hajabbasi M. & Afyuni M. Soil water repellency changes with depth and relationship to physical properties within wettable and repellent soil profiles. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2016, Vol. 65(1), pp. 99-104. Retrieved 11 Jul. 2017. doi: 10.1515/johh-2016-0055.

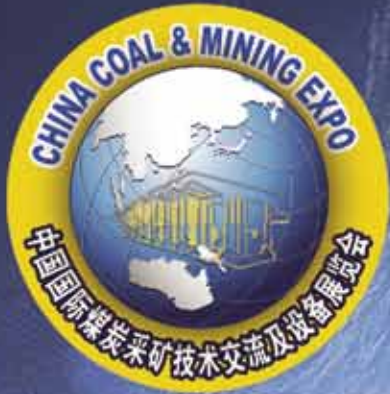
24. Sullivan Z. A. Soil organic matter and water-stable aggregates in soil. *J. Soil Sci.*, 1990, Vol. 41, pp. 529-534.

25. Young J. L. & Spycher G. Water-dispersible soil organic-mineral particles: I / Carbon and nitrogen distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1979, Vol. 3, pp. 324-328.

## Acknowledgments

This work was partially sponsored through the following projects:

- AAAA-A17-117011810038-7 "Evolution, functioning and ecologic-bio-geochemical role of the Baikal region soils in the conditions of aridization and desertification, elaboration of methods for managing their production processes";
- AAAA-A17-117112870130-4 "Spatiotemporal evaluation of agricultural land in Eastern Siberia". The block of the project «Theoretical substantiation and methodology for the assessment of agricultural landscapes based on ground-based monitoring and Earth remote probing» of the Basic Research Integrated Program of SB RAS II.1;
- RFBR (Russian Foundation for Basic Research) No.18-45-030033 "Quantitative study of the dynamics of soil climate change at the southern boundary of the permafrost area under influence of the global warming process in Western Trans-Baikal;
- RFBR No.18-016-00211 «Elaboration of scientific foundations of efficient use in arid climate conditions using remote probing technique;
- "Development of state-of-the-art resource-saving fertilizer use systems of p, ensuring the preservation of soil fertility and the growth of agricultural production" (No. 0803-2014-0002).



# China Coal & Mining Expo 2019

## 第十八届中国国际煤炭采矿技术交流及设备展览会 China's 18th International Technology Exchange and Equipment Exhibition on Coal & Mining

Date : 30 Oct – 2 Nov 2019

Venue : New China International Exhibition Center (NCIEC),  
Beijing, P.R. China

Host :  
China National Coal Association

Co-host :  
China National Coal Group Corp.

Organizers :  
Together Expo Limited  
China Coal Consultant International



[www.chinaminingcoal.com](http://www.chinaminingcoal.com)

Worldwide Enquiries  
TOGETHER EXPO LIMITED

Hong Kong Head Office:

Tel: +852 2881 5889

Email: [info@together-expo.com](mailto:info@together-expo.com)

Room C, 7/F, Eastern Commercial Centre,  
83 Nam On Street, Shau Kei Wan,  
Hong Kong



Beijing Office:

Tel: +86 10 8451 0286/0267

Email: [info@together-expo.com.cn](mailto:info@together-expo.com.cn)

Room 12A11, Building A, Kunsha Center  
No. 16, Xinyuanli, Chao Yang District,  
Beijing 100027, P.R. China

# Наш журнал есть в **App Store** и **Google Play**

