

ВЕСТНИК

Научного центра по безопасности работ
в угольной промышленности

Научно-технический журнал



Кемерово

3-2017

ВЕСТНИК
Научного центра
по безопасности работ
в угольной промышленности
ISSN 2072-6554

№ 3-2017

Выходит 4 раза в год

Подписной индекс
в Каталоге Агентства
«Роспечать» 2017 г. – 35939

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН

Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-56356 от 02.12.2013 г.

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», сформированный ВАК при Минобрнауки России

Учредитель и издатель

научно-технического журнала «Вестник...»:

Общество с ограниченной

ответственностью «ВостЭКО»

(ООО «ВостЭКО»)

Адрес издателя и редакции:

650002, Россия, Кемеровская область,

г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1

Редакторы: *М.В. Ярош, Л.С. Кузавкова, Д.А. Трубицына*

Компьютерная верстка *Д.А. Трубицына*

тел. 77-86-62, 64-26-51.

e-mail: yarosh_mv@mail.ru

dtrubitsyna@gmail.com

www.ind-saf.ru

Позиция редакции не всегда совпадает
с точкой зрения авторов публикуемых материалов

В номере использованы материалы сайтов
www.lori.ru, www.freemages.com, www.unsplash.com и
www.graphicriver.net

16+

© ООО «ВостЭКО», 2017

Адрес типографии:
650065, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т
Октябрьский, 28 офис 215
тел. 8 (3842) 657889. ООО «ИНТ».

Главный редактор: Н. В. Трубицына

Редакционная коллегия:

Н. В. Трубицына – главный редактор, заместитель
директора по научной работе ООО «ВостЭКО», д-р
техн. наук

А. С. Ярош – заместитель главного редактора,
генеральный директор АО «НИИГД», канд. техн.
наук

А. А. Васильев - заведующий лабораторией ФГБУН
«Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева
СО РАН», д-р физ.-мат. наук, проф.

А. М. Брюханов - и.о. председателя
Государственного комитета Гортехнадзора ДНР,
д-р техн. наук

Р. Б. Айтхожаев - директор Карагандинского
филиала АО "Национальный научно-технический
центр промышленной безопасности"

В. И. Клишин - Директор Института угля
Федерального исследовательского центра угля и
углехимии СО РАН, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,
проф.

З. Р. Исмагилов - директор Института углехимии
и химического материаловедения Федерального
исследовательского центра угля и углехимии СО
РАН, чл.-корр. РАН, д-р хим. наук, проф.

А. В. Шадрин – ведущий научный сотрудник
Института угля ФИЦ УУХ СО РАН, д-р техн. наук

В. Г. Казанцев – заведующий кафедрой «БТИ»
(филиал) ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И.
Ползунова», д-р техн. наук

В. С. Зыков – главный научный сотрудник
Кемеровского представительства АО «ВНИМИ»,
д-р техн. наук, проф.

Д. А. Трубицына – выпускающий редактор ООО
"ВостЭКО"

М. В. Ярош – редактор ООО «ВостЭКО»

INDUSTRIAL SAFETY

Scientific-technical magazine

Kemerovo

3 - 2017

INDUSTRIAL SAFETY

ISSN 2072-6554

№ 3-2017

Is issued 4 times a year

Subscription index
in «Rospechat» Agency
Catalogue: Year 2017 – 35939

MAGAZINE IS REGISTERED

by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technologies and Mass Communications. Registration certificate of mass information means PI № FS 77-56356 dated by 02.12.2013

THE MAGAZINE IS INCLUDED

into «The list of russian reviewed scientific magazines in which main scientific results of dissertations for scientific degrees of a doctor and a candidate of sciences must be published». The list is formed by Higher Attestation Commission of RF Ministry of Education and Science.

**Promoter and publisher of «Industrial Safety» scientific-technical magazine:
Co Ltd «VostEKO»**

Address of the publisher and editors:
650002, Russia, Kemerovskaja oblast, Kemerovo,
Sosnovyi bd., 1.

Editors: *M.V. Yarosh, L.S. Kuzavkova, D.A. Trubitsyna*
Computer layout *D.A. Trubitsyna*

Tel. 77-86-62, 64-26-51.
e-mail: yarosh_mv@mail.ru
dtrubitsyna@gmail.com

www.ind-saf.ru
www.indsafe.ru

The edition position not always coincides with the point of view of authors of published materials

**In the issue of the magazine materials of sites
www.lori.ru, www.freelimages.com, www.unsplash.com
and www.graphicriver.net are used**

16+

© Co Ltd «VostEKO», 2017

Address of the printing
650065, Russia, Kemerovskaja oblast, Kemerovo, prosp.
Oktyabrsky, 28 of. 215
tel. 8 (3842) 657889.
OOO «INT».

Chief editor: N. V. Trubitsyna

Editorial board:

N. V. Trubitsyna – chief editor, deputy director for scientific work of OOO «VostEKO», doctor of technical sciences

A. S. Yarosh – deputy chief editor, CEO of PC “Scientific-Research Mine Rescue Institute”, candidate of technical sciences

A. A. Vasil'ev - Head of the Laboratory FGBUN "M.A. Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB of RAS, doctor of physical and mathematical sciences, professor

A. M. Brjuhanov - Acting Chairman of the State Committee Gortehnadzora DNR, doctor of technical sciences

R. B. Ajthozhaev - director of the Karaganda branch of JSC "National Science and Technology Center of Industrial Safety"

V. I. Klishin - director of the Institute of coal, Federal research center of coal and coal chemistry SB RAS, corresponding member of RAS, doctor of technical sciences, professor

Z. R. Ismagilov - director of the Institute of coal chemistry and materials chemistry, Federal research center of coal and coal chemistry SB RAS, corresponding member of RAS, doctor of chemical sciences, Professor

A. V. Shadrin – Leading researcher of the Institute of Coal FIC UUH SB RAS, doctor of technical sciences

V. G. Kazantsev – chairman of «BTI» (branch) FGBOU VPO «AltGTU after I.I.Polzunov», doctor of technical sciences

V. S. Zykov – the chief scientific worker of Kemerovo AO «VNIMI» office, doctor of technical sciences, professor

D. A. Trubitsyna – OOO «VostEKO» Commissioning Editor

M. V. Yarosh – OOO «VostEKO» editor



Уважаемые партнёры и читатели!

Очередной номер научно-технического журнала "Вестник" вышел вслед за празднованием профессионального праздника - Дня шахтёра.

Его отмечали в 70-й раз. И приятно осознать, что Россия является одной из ведущих стран мира по добыче угля. Весомую лепту в достижения отрасли вносит Кузбасс. Это в поздравительной телеграмме на имя губернатора А.Г. Тулеева отметил председатель правительства Д.А. Медведев. А президент страны В.В. Путин подчеркнул, что достижения в отрасли обусловлены прежде всего человеческим фактором - героической работой тысяч шахтеров, инженеров, технологов, управленческого персонала компаний, а также результатом поддержки правительством регионов, где идет основная добыча угля. Особую благодарность глава государства выразил губернатору Кемеровской области Аману Тулееву за его «огромный личный вклад в развитие угольной отрасли»

В праздники принято оценивать итоги и определять задачи. Наш журнал верен этой традиции. И поэтому свежий номер "Вестника" открывает в разделе "Актуально" интервью заместителя губернатора Е.В. Хлебунова о проблемах промышленной безопасности в угольной отрасли. В нём изложены краткие итоги деятельности профильных предприятий и компаний угольщиков Кузнецкого бассейна за восемь месяцев этого года.

С точки зрения промбезопасности тематический спектр других публикаций этого выпуска "Вестника" носит разноплановый характер. Здесь и геомеханика, и прогноз газодинамических явлений, и проблемы шахтного метана в разных аспектах, и обсуждение новых технологий по обеспечению безопасности труда и жизнедеятельности в шахтах, а также работы по обеспыливанию угольных терминалов морских портов.

Замечу нашим читателям и авторам, что август стал этапным и для "Вестника": он включён в международный каталог периодических изданий *Ulrichsweb*. Это самая крупная база данных, представляющая мировой поток периодических популярных и научных журналов. Надо сказать, что редакция многое делает для продвижения, узнаваемости издания, а также цитируемости опубликованных в нём материалов и их авторов. В подтверждение этого скажу, что несколькими неделями раньше нами заключён договор с агентством *Crossref* и теперь каждой статье "Вестника" присваивается идентификатор цифрового объекта - *DOI*. Это, проще говоря, прямая ссылка, позволяющая находить публикацию в интернете в один клик. Цифровые идентификаторы дают, как известно, дополнительные шансы быть включёнными и индексироваться авторитетными международными наукометрическими базами данных *Scopus* и *Web of Science*.

Наряду с этим сейчас "Вестник" и опубликованные в нём материалы индексируются международными базами *Google Scholar*, *ICI World of Journals (Index Copernicus International)*, *ReaserchBIB* и *SIS (Scientific Indexing Services)*.

Редколлегия "Вестника" продолжает продвижение и популяризацию издания в информационном и (что особенно важно для современного научно-технического журнала!), в цифровом пространстве. Потенциал журнала прирастает современными технологиями и это позволяет изданию и его авторам отвечать на все вызовы времени. Мы рады представить Вам новый современный и облегченный дизайн "Вестника", благодаря которому теперь "Вестник" станет более компактным и удобным для чтения.

НЭЛЯ ТРУБИЦЫНА,
главный редактор, д.т.н.

ВЕКТОР РАЗВИТИЯ

ИТОГИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

По итогам работы августа месяца 2017 г. угольщиками Кузбасса добыто **20,3 млн.т.** угля.

Энергетических марок **14,9 млн. т.**
Коксующихся **5,4 млн.т.**

Месяц завершён со снижением к августу 2016 года на **0,3 млн.т.** (20,6 млн.т.) на **1,5%.**

Из них добыто

открытым способом **13,4 млн.т.** угля с увеличением к соответствующему месяцу прошлого года на **0,9 млн.т.** (12,5 млн.т.) или на **7,2%**

подземным способом **6,9 млн.т.** угля со снижением к соответствующему месяцу прошлого года на **1,2 млн.т.** (8,1 млн.т.) или на **14,8%**

Коксующихся марок за август 2017 года добыто **5,4 млн. т.**, со снижением к уровню соответствующего месяца 2016 года на **0,2 млн.т.** (5,6 млн.т.) или на **3,6%.**

Из них добыто

открытым способом **1,9 млн.т.** угля со снижением к уровню соответствующего месяца 2016 года на **0,1 млн.т.** (2,0 млн.т.) или на **5,0%**

подземным способом **3,5 млн.т.** угля со снижением к уровню соответствующего месяца 2016 года на **0,1 млн.т.** (3,6 млн.т.) или на **2,8%.**

Энергетических марок в августе 2017 года добыто **14,9 млн.т.**, со снижением к показателю августа прошлого года на **0,1 млн. т.** (15,0 млн. т.) или на **0,7%.**

Из них добыто

открытым способом **11,5 млн.т.** угля с увеличением к соответствующему периоду прошлого года на **1,0 млн.т.** (10,5 млн.т.) или на **9,5%.**

подземным способом **3,4 млн.т.** угля со снижением к соответствующему периоду прошлого года на **1,1 млн.т.** (4,5 млн.т.) или на **24,4%.**

По итогам работы **восьми месяцев** угольщиками Кузбасса добыто

159,5 млн.т. угля.

Энергетических марок **117,6 млн. т.**
Коксующихся **41,9 млн.т.**

За 8 месяцев прирост к соответствующему периоду 2016 года на **11,3 млн.т.** (148,2 млн.т.) на **7,6%.**

Из них добыто

открытым способом **101,7 млн.т.** угля с увеличением к соответствующему периоду прошлого года на **7,1 млн.т.** (94,6 млн.т.) или на **7,5%**

подземным способом **57,8 млн.т.** угля с

Кузбасс вот уже более полутора десятков лет является главным угледобывающим регионом страны, динамично развивается, являясь основой для развития промышленности и энергетической безопасности страны. На долю Кузбасса приходится 227,4 млн. тонн угля – 59 % от всей угледобычи России, в том числе 75 % – коксующихся марок. Чтобы узнать о текущей ситуации и перспективах углепрома Кузбасса, мы поговорили с заместителем Губернатора по ТЭК и экологии Евгением Хлебуновым.

- Евгений Владимирович, как сегодня обстоит дело с безопасностью на шахтах Кузбасса? Какие меры принимаются, чтобы решить эту острейшую проблему?

- Губернатор всегда говорит, что уголь любой ценой, особенно за счёт здоровья и жизни людей – нам не нужен! Во всем мире шахты — это опаснейшее производство, в том числе и в самых развитых странах. И все подземные риски очень трудно спрогнозировать. Под землей действуют свои, особые, законы – хоть в России, хоть в Америке, хоть в Китае, хоть в Турции.

Наш земляк, Алексей Архипович Леонов, первый человек на планете, который шагнул в открытый космос, дважды Герой Советского Союза, Почётный гражданин Кемеровской области, Герой Кузбасса сказал о профессии шахтера так: «В 1965 году мне пришлось побывать на громадной высоте, 500 километров над землёй. Это – глубокий вакуум, страшная беспредельная зона. В том же году, в Прокопьевске я спустился в забой, под землю! И я понял, что объединяет космонавтов и шахтеров. Их роднит то, что и космос, и шахта – это всегда пучина неизвестности, это всегда - опасность стихийного характера! Вот поэтому труд космонавта и шахтера – сродни подвигу!»

За последние несколько лет мы серьезно продвинулись в области улучшения уровня безопасности в горной промышленности. Начиная с 2000 года, собственники угольных

предприятий вложили в безопасность – 59 млрд рублей. Самое важное, что это правильные и продуманные инвестиции, которые за счет новых технологий и современной техники позволили умень-

"Уголь любой ценой, особенно за счёт Здоровья и Жизни людей – нам не нужен!"

шить число шахтёров, работающих под землёй в опаснейших условиях.

Главное, мы перевернули угольную пирамиду: если до 1998г. подземная угле-добыча в Кузбассе – составляла 60% от всего добытого угля, то теперь, наоборот, 65% угля – добывается на угольных разрезах, то есть более безопасным, от-



Евгений Хлебунов

крытым способом.

И если в 1997 г. на угольных шахтах в Кузбассе работало 72 тысячи человек, то сегодня – менее 29 тысяч. И такой путь развития отрасли способствует улучшению условий труда и обеспечивает безопасность работникам угольной отрасли.

Мы идем по пути закрытия самых опасных угольных шахт Кузбасса, само собой – с обязательным трудоустройством шахтеров. Начиная с 2013 года, мы вывели из эксплуатации 11 именно таких самых старых, по сути, аварийных шахт с высочайшим уровнем травматизма и высокой долей ручного труда, расположенных в городах Прокопьевске, Киселевске и Анжеро-Судженске. Эти шахты – уже закрыты, а люди трудоустроены в области открытых горных работах.

Сегодня на всех действующих шахтах в Кузбассе оборудованы самые современные системы газовой защиты, ведётся учёт шахтёров под землёй с применением современных технологий геолокаций, работают передовые системы связи, введены специальные чипы, ко-

осуществляется тройной контроль: если не сработало одно звено – то обязательно сработают остальные. Ну и конечно, нужно непрерывно обучать специалистов. Потому что горное дело – всегда было, есть и будет особым искусством.

Сегодня свыше 80% несчастных случаев связаны с человеческим фактором – причем, на всех уровнях. С учетом этого мы запустили в 2015 году в г. Новокузнецке первый в нашей стране Общероссийский аэромобильный центр, где будем готовить шахтеров и горноспасателей со всей России, в условиях, максимально приближенных к реальности. В апреле этого года специалиста аэромобильного центра уже приступили к обучению.

Что дала наша масштабная работа по повышению безопасности шахтёрского труда? Если в 1997 году была такая тяжёлая статистика: на 700 тыс. тонн угля – был 1 погибший шахтёр, то в 2016-м – на 19 миллионов тонн 1 погибший. Снижение – в 27 раз. Но и это – недопустимо много. Ведь каждая человеческая жизнь

"Самое важное, в угольной отрасли нужно так выстроить весь производственный процесс, чтобы нарушить нормы безопасности было просто невозможно."

торые дают возможность быть в постоянном контакте с теми, кто находится под Землей.

Самое важное, в угольной отрасли необходимо выстроить весь производственный процесс таким образом, чтобы нарушать нормы безопасности было просто невозможно.

Именно таким путем идет компания «СУЭК». В 2014 году компания «СУЭК» открыла в г. Ленинске-Кузнецком – один из первых в России Единый диспетчерский центр по промышленной безопасности. Принцип его работы осуществляется по системе светофора: зеленый цвет панели на мониторе – значит, все угольные предприятия работают без нарушений безопасности. Загорелся желтый – внимание – что-то пошло не так. Мгновенно посылается сигнал на шахту, специалисты экстренно выясняют причину. Загорелся красный – режим ЧП, необходимо срочно принимать меры, эвакуировать людей. И если это не сделают на шахте, то это сделают по команде с диспетчерского центра. То есть

– бесценна.

И как напоминание об этом, у нас в областном центре стоит уникальный памятник погибшим шахтерам Кузбасса, который в 2003 году создал легендарный скульптор Эрнст Неизвестный. Мы установили его в историческом центре Кемерово – на Красной горке, на самом высоком и видном месте. Это огромная бронзовая скульптура шахтера, который опирается на отбойный молоток, а в груди его яркой лампочкой светится сердце, как память о каждом из погибших шахтеров. И все мы должны помнить об этом, и делать все, что в наших силах, чтобы повысить безопасность горняцкого труда!

- Что нового Кузбассу принес год Экологии?

- В нашем промышленном регионе вопросы природоохранной деятельности входят в число приоритетных направлений не только в Год экологии. Чтобы выжить в промышленном регионе нужно помнить правило, если что-то разрушаешь –

увеличением к соответствующему периоду прошлого года **на 4,2 млн.т. (53,6 млн.т.) или на 7,8%**

Коксующихся марок с начала 2017 года добыто **41,9 млн. т.**, со снижением к показателю соответствующего периода прошлого года **на 0,2 млн. т. (42,1 млн.т.) или на 0,5 %.**

Из них добыто открытым способом **15,1 млн.т.** угля со снижением к соответствующему периоду прошлого года **на 0,1 млн.т. (15,2 млн.т.) или на 0,7%**

подземным способом **26,8 млн.т.** угля со снижением к соответствующему периоду прошлого года **на 0,1 млн.т. (26,9 млн.т.) или на 0,4%**

Энергетических марок с начала 2017 года добыто **117,6 млн.т.**, с увеличением к показателю соответствующего периода прошлого года **на 11,5 млн. т. (106,1 млн. т.) или на 10,8%**

Из них добыто открытым способом **86,6 млн.т.** угля с увеличением к соответствующему периоду прошлого года **на 7,2 млн.т. (79,4 млн.т.) или на 9,1%**

подземным способом **31,0 млн.т.** угля с увеличением к соответствующему периоду прошлого года **на 4,3 млн.т. (26,7 млн.т.) или на 13,9%**

Итоги работы угольных компаний за восемь месяцев 2017 года по добыче угля

С приростом к 8 месяцам 2016 г. сработали:

- ООО «Разрез Кийзасский» (+1,9 млн.т.);
- ЗАО «Стройсервис» (+1,4 млн.т.);
- ОАО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь» (+1,3 млн.т.);
- ООО «Распадская угольная компания» (+1,2 млн.т.);

За период январь - август 2017 г. железнодорожным транспортом грузополучателям отгружено 149,8 млн. тонн угля (+12,1 млн. тонн к уровню 2016 г.), среднесуточная отгрузка составила **8441** полувагонов (2016 г. – **8108** полувагонов).

Отправлено на **экспорт – 92,9 млн.т.** (+11,7 млн. т). Кузбасс поставляет уголь в **56** стран мира.

Отгрузка угля в Кузбассе за август 2017 года

В августе кузбасскими предприятиями отгружено железнодорожным транспортом 18,5 млн. тонн, что на 0,9 млн. тонн больше августа 2016 г. Среднесуточно отгружалось **8441** п/в (105,1 % к прошлому году). С начала года отгрузка составила 149,8 млн. тонн, в том числе на экспорт 92,9 млн. тонн – 104,1 % к 2016 г.

Наибольший рост отгрузки показали следующие компании (по среднесуточной отгрузке, п/в):

- ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» - **1606 п/в (+102 п/в)**

- ООО «Промугольсервис» - **301 п/в (+68 п/в)**
- АО ХК «СДС-Уголь» - **974 п/в (+56 п/в)**
- ООО «Талдинская Трейдинговая Компания» - **171 п/в (+53 п/в)**
- ОАО «Кузбасская топливная компания» - **218 п/в (+51 п/в)**

Значительно снизили отгрузку:

- ООО «УК «Заречная» (37,7 % к 2016 г.);
- ООО «Шахта Грамотеинская» (факт 58,9 % к 2016 г.)
- ООО «ММК-Уголь» (77,0 % к 2016 г.);

Конечным потребителям в августе поставлено **16,6 млн. т.** кузбасского угля. В том числе:

- 11,7 млн. т. отгружено на экспорт (+1,7 млн. т. к прошлому году);
- 2,8 млн. т. металлургам и коксохимикам страны (+ 0,2 млн. т.);
- 2,0 млн. т. для электростанций (-102 тыс. т.);
- 0,1 млн. т. для предприятий ЖКХ и населения области.

Кроме того, в ходе ежегодной гуманитарной акции ко Дню шахтёра малоимущим **40,6 тыс. т.** бесплатного сортового угля.

Остатки угля на складах

По состоянию на 01.09.2017

остатки угля на промежуточных и прирельсовых складах и в бункерах обогатительных фабрик за август **15,2 млн. тонн** снизились на **0,4 млн. т.** (прошлый год – 9,2 млн. т.).

Увеличили остатки:

- ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» (+ **90,2 тыс. т.**);
- АО «СУЭК-Кузбасс» (+**79,6 тыс. т.**);
- ООО «Сибуглемет» (+ **52,8 тыс. т.**);

Снизиле остатки:

- ООО «Распадская угольная компания» (-**253,2 тыс. т.**);
- ООО «ТопПром» (-**198,3 тыс. т.**);
- АО ХК «СДС-Уголь» (-**108,3 тыс. т.**).

Переработка угля в Кузбассе за август 2017 года

В августе текущего года на обогатительных фабриках Кузбасса было переработано **10,7 млн. т.** (2016г – 10,1 млн. т.). Из них **5,6 млн. т.** (2016 г. – 5,5 млн.т.) – углей ценных коксующихся марок, а энергетических марок – **5,1 млн. т.** Общая переработка на предприятиях угольной отрасли Кузбасса (включая собственное обогатительное производство и дробильно-сортировочные установки) с начала текущего года было переработано **108,4 млн. т.** (уровень 2016г – 105,7 млн. т.). Доля перерабатываемого угля (от добычи) при этом составила **65 %**.

Лидирующее положение в отрасли по-прежнему занимает ОФ «Распадская» - **850 тыс. т.** коксующихся углей.

нужно и восстанавливать.

В рамках Года экологии 14 воздухо- и водоохранных мероприятий трех крупнейших компаний Кузбасса включены во всероссийский план основных мероприятий Года экологии – это гиганты металлургической промышленности как Кузбасса, так и России: АО «Евраз ЗСМК», АО «Русал Новокузнецк», и крупнейшая

проект перевода электролизёров на «Экологический Содерберг». Выбросы вредных фтористых веществ будет снижены на 24 тонны в год.

Большую роль играет и рекультивация нарушенных в ходе добычи полезных ископаемых земель. По законодательству, недропользователи обязаны восстанавливать эти территории. Кроме многокомпо-

"Угольные компании вложили значительные средства в создание собственных портовых терминалов по перевалке угля, оптимизирована логистика экспортных поставок угля"

угольная компания АО «СУЭК-Кузбасс».

Еще в прошлом году мы утвердили план мероприятий по проведению в 2017 году в Кемеровской области Года экологии, которым предусмотрено выполнение 76-х основных мероприятий. Из них уже идет реализация более 60 мероприятий, полностью выполнено более полутора десятков мероприятий. Общий объем финансирования экологических программ – около 3 млрд рублей. При этом 90% – это средства компаний на модернизацию собственного производства. Итоги подводить еще рано, но многое из запланированного или уже реализовано, или в стадии исполнения.

Так, в феврале текущего года на Талдинском угольном разрезе ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» запущены очистные сооружения хозяйственно-бытовых стоков. А 4 августа подобное сооружение запущены в строй на шахтах «Распадская-коксовая», «Абашевская» и МУК-96 ООО «Распадской угольной компании». Кроме того, к запуску очистных сооружений на шахтах «Котинская» и «Талдинская-Западная 1» готовится и угольная компания «СУЭК-Кузбасс».

Металлургические компании также участвуют во всероссийских экологических программах. Евраз ЗСМК, реализует 2 программы: воздухоохранную и водоохранную. Например, 21 февраля 2017 года в рамках реализации I этапа воздухоохранной программы Евраз ЗСМК на агломерационной фабрике запустил аспирационную установку. Это снизит выбросы твердых загрязняющих веществ в воздух Новокузнецка на 105 тонны в год. Другой гигант металлургической промышленности – «РУСАЛ Новокузнецк» реализует

ментных посадок, которые уже давно практикуются с этой целью, с 2017 года будут создаваться компенсационные леса, площадь которых будет или такой же, как вырубленная, или больше. Угольные предприятия до конца года планируют посадить 91 га леса.

- Евгений Владимирович, за счет чего сегодня угольщики наращивают производительность труда?

- Согласно прогнозу социально-экономического развития РФ на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов Министерства экономического развития РФ добыча угля к 2019 году по базовому варианту составит 395 миллионов тонн. С 2000 года добыча угля в Кузбассе возросла почти в 2 раза. Причем по сравнению с 2015 годом прирост составил 11,7 млн. тонн, а регион в 2016 году стал единственным из четырех основных угольных бассейнов страны, в котором был отмечен рост добычи.

Во многом это было достигнуто за счет инвестиций в развитие угольной отрасли Кузбасса. Так, если в 2000 году в отрасль было вложено 6,4 млрд руб., в 2012 году – 99 млрд руб., а в последние три года ежегодные инвестиции составляют 50-58 млрд руб. А всего за этот период в отрасль было направлено более 720 млрд руб.

Благодаря техническому перевооружению, закрытию нерентабельных, опасных шахт, сократилась и численность работающих на угольных предприятиях с 139 тысяч в 2000 году до 91 тысячи в 2016 году.

Росту добычи угля способствует увеличение темпов модернизации производства. Предполагается, что

объем экспорта угля к 2019 году увеличится до 170 миллионов тонн (рост 9% к 2015 году), благодаря проводимой в стране политике по развитию морской портовой инфраструктуры России.

Угольные компании вложили значительные средства в создание собственных портовых терминалов по перевалке угля, оптимизирована логистика экспортных поставок угля,

налажено взаимовыгодное сотрудничество с зарубежными партнерами, что позволяет снять основные ограничения с угольной отрасли для роста производительности и планировать дальнейшее увеличение добычи угля в Кузбассе.

*Беседовала
Татьяна Островская.*

Результаты работы других крупнейших фабрик (переработка за август 2017 г.):

- ОФ ш. им. Кирова (СУЭК-Кузбасс) - **777,2 тыс. т.**
- Междуреченская (Сибуглемет) - **631,0 тыс. т.**
- Листвяжная (СДС-Уголь) - **481,3 тыс. т.**
- Кедровская (Кузбассразрезуголь) - **480,0 тыс. т.**
- Матюшинская (Стройсервис) - **445,0 тыс. т.**
- Беловская (ММК-Уголь) - **397,5 тыс. т.**
- Каскад-2 (КТК) - **360,3 тыс. т.**

В августе обогатители Кузбасса получили 6,3 млн. т. (2016 г – 6,1 млн. т.) угольного концентрата.

Из них **3,5 млн.т.** (2016 г – 3,7 млн.т.) ценных коксующихся марок.

С начала текущего года на обогатительных фабриках Кузбасса было переработано **84,4 млн. т.** (2016 г. – **80,6 млн. т.**).

Из них коксующихся марок **43,6 млн. т.** (аналогично прошлому периоду). Угольного концентрата **50,5 млн. т.** (2016 г. – **48,2 млн. т.**).

Из них **28,2 млн. т.** коксующихся марок (2016 г. – **28,3 млн. т.**).



I. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОМЕХАНИКА

I. INDUSTRIAL SAFETY AND GEOMECHANICS



■ **А.В. Шадрин // A.V. Shadrin**
avsh-357@mail.ru

д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геофизических исследований горного массива Института угля ФГБНУ ФИЦ УУХ СО РАН, Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Geophysical Research of the Rock Massif of the Institute of Coal of the FGBNU FIT UUH SB RAS, 10, Leningrad Avenue, Kemerovo, 650065, Russia



■ **А.С. Телгуз // A.S. Teleguz**
alexanderteleuz@rambler.ru

ведущий инженер лаборатории геофизических исследований горного массива Института угля ФГБНУ ФИЦ УУХ СО РАН, Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
Leading engineer of the Laboratory of Geophysical Research of the Massif of the Institute of Coal of the FGBNU FIT UUH SB RAS, 10, Leningrad Avenue, Kemerovo, 650065, Russia

УДК 622.831.31

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОГНОЗЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И КРУПНОПЛОЩАДНЫХ ОБРУШЕНИЙ КРОВЛИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

PROSPECTS OF APPLICATION OF ACOUSTIC METHODS FOR THE PREDICTION AND PREVENTION OF GAS DYNAMIC PHENOMENA AND LARGE-ARISING ROOF CRANES IN COAL MININGS

Рассмотрены возможности применения метода акустической эмиссии для контроля процесса развития трещин при гидрообработке углепородного массива с целью снижения его выбросо- и удароопасности, а также недопущения крупноплощадных обрушений кровли. Установлено, что длина растущей трещины гидроразрыва, качественно оценивающая ее площадь, связана с числом импульсов АЭ экспоненциальной зависимостью. Обоснована временная зависимость активности АЭ при нагнетании жидкости с постоянным темпом, которая за исключением небольшого начального участка имеет характер монотонно убывающей функции. Установлено, что в первом приближении оптимальный темп нагнетания обратно пропорционален закачанному в пласт объему жидкости до момента ее прорыва в ближайшую выработку.

Показана перспективность применения спектрально-акустического метода для оценки напряженного состояния обработанной зоны массива, поскольку измеряемое этим методом отношение высокочастотной и низкочастотной частей спектра шумов работающего горного оборудования зависит от средних напряжений, действующих в контролируемой области горного массива. Обсуждены направления исследований, которые позволят доработать указанные акустические методы до практического использования.

The possibilities of applying the acoustic emission method for controlling the development of cracks in the hydroprocessing of a coal-bearing massif with the aim of reducing its ejection and impact hazard, as well as preventing large-scale roof collapse, are considered. It is established that the length of the growing fracture fracture, qualitatively estimating its area, is related to the number of AE pulses by an exponential dependence. Reasonable time dependence of the activity of AE at a liquid discharge with a constant rate, which except for a small initial portion of the character has a monotonically decreasing function. It is established that, in the first approximation, the optimal injection rate is inversely proportional to the volume of liquid pumped into the reservoir until it breaks into the nearest production.

The perspectivity of using the spectral-acoustic method for estimating the stressed state of the treated area of the array is shown, since the ratio of the high-frequency and low-frequency parts of the noise spectrum of the working mining equipment measured by this method depends on the average stresses acting in the controlled area of the mountain massif. The areas of research that will allow us to refine these acoustic methods before practical use are discussed.

Ключевые слова: ВЫБРОСОУДАРООПАСНОСТЬ, ГИДРООБРАБОТКА ТРУДНООБРУШАЕМОЙ КРОВЛИ И УГОЛЬНОГО ПЛАСТА, МЕТОДЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ И СПЕКТРАЛЬНО-АКУСТИЧЕСКИЙ

Key words: EMERGENCY RESISTANCE, HYDRAULIC PROCESSING OF A DIFFICULT ROOF AND COAL-LAYER, METHODS OF ACOUSTIC EMISSION AND SPECTRO-ACOUSTIC

Проведение горных выработок по пластам, опасным по динамическим (ДЯ) и газодинамическим явлениям (ГДЯ), а также в сложных горно-геологических условиях, требует выполнения методов прогноза указанных явлений и применения специальных способов обработки призабойного пространства, включающего угольный пласт и вмещающие породы. Эти способы должны обеспечивать безопасность при всех возможных формах проявления горного давления и внутривластового давления газа. К специальным способам обработки призабойного пространства относятся, в частности, разупрочнение труднообрушаемой кровли путем направленного гидроразрыва и профилактическая гидрообработка угольного пласта [1-4].

Труднообрушаемые кровли опасны площадным зависанием, которое может привести к резкому обрушению. Для недопущения этого и применяют метод направленного гидроразрыва основной кровли [1-2].

Гидрообработка применяется также для повышения газопроницаемости угольного пласта. С этой целью жидкость подается в скважины, пробуренные по углю, в режиме гидрорасчленения, при котором в угле создается сеть трещин, повышающая газопроницаемость и газоотдачу пласта [3]. Для локального повышения газопроницаемости и разгрузки призабойного пространства применяется также нагнетание жидкости в шпур в режиме гидроотжима [5].

Еще одно направление использования гидрообработки - увлажнение угля, поскольку установлено, что при его влажности свыше 6% внезапные выбросы никогда не происходили [6]. Происходит это потому, что при такой влажности газ блокируется в микротрещинах и порах и не выделяется в более крупные трещины в свободном состоянии. Поэтому внутривластовое давление газа не возрастает. Одновременно уголь становится более пластичным, вследствие чего зона опорного давления отодвигается в глубину массива, снижая опасность проявления динамических явлений.

Увлажнение угля осуществляется в одном из двух режимов: низконапорном увлажнении или гидрорыхлении. Низконапорное увлажнение осуществляется на пластах с высокой водопроницаемостью. В этом режиме дополнительные

трещины нагнетаемой жидкостью не создаются, а жидкость распространяется по существующим природным трещинам, из них – в микротрещины и поры, равномерно увлажняя уголь.

Гидрорыхление проводится на пластах с меньшей водопроницаемостью, чем в предыдущем случае. Жидкость в этом режиме создает дополнительную сеть трещин, из возросшей поверхности которых уголь увлажняется быстрее, чем в режиме низконапорного увлажнения.

Из сказанного следует, что все упомянутые способы гидрообработки кровли и угольного пласта характеризуются определенной интенсивностью развития (роста) трещин либо отсутствием их развития (при низконапорном увлажнении). Поскольку трещины развиваются скачкообразно, под интенсивностью развития трещин принято понимать число «скачков» растущих трещин в единицу времени [7]. Однако механизма контроля роста трещин при гидрообработке углепородного массива в шахтных условиях нет, так как технологией всех известных способов гидрообработки предусматривается только регистрация давления и скорости (темпа) нагнетания жидкости. Между тем растущая трещина является источником акустической эмиссии (АЭ), регистрация которой позволяет фиксировать как факт скачкообразного роста трещин, так и интенсивность этого процесса во времени [7].

Таким образом, контролируя акустическую эмиссию в процессе гидрообработки можно существенно повысить ее качество путем обеспечения запланированного режима нагнетания жидкости в угольный пласт или в труднообрушаемую кровлю. Однако для этого необходимо вначале установить функциональную связь между параметрами акустической эмиссии и гидрообработки, а затем определить оптимальные параметры акустической эмиссии для осуществления требуемого способа гидрообработки и разработать методику осуществления каждого из этих способов с управлением параметрами нагнетания жидкости, основываясь на акустоэмиссионной реакции пласта на процесс нагнетания жидкости. Для разработки такой методики необходимо предусмотреть оборудование (стационарное и/или переносное) для осуществления регистрации АЭ в условиях акустических помех, генерируемых работающим горным обо-

рудованием, находящимся в окрестности участка массива, подвергаемого гидрообработке.

При аналитическом нахождении функциональной связи между параметрами акустической эмиссии и гидрообработки установлено, что поведение акустической эмиссии определяется в значительной мере рабочей характеристикой насосной установки. Так например, при разупрочнении кровли пласта используют насосы типа T , предназначенные для питания механизированной крепи водомасляной эмульсией. Эти насосы имеют жесткую рабочую характеристику (температура нагнетания $q \approx const$) [8]. Оказалось, что при таком режиме нагнетания длину трещины гидроразрыва l можно определить по числу зарегистрированных импульсов АЭ J при ее скачкообразном росте от начальной длины l_0 , образованной щелеобразователем, по следующей формуле:

$$l = l_0 e^{J/k_e}, \quad (1)$$

где коэффициент k_e устанавливается по результатам опытного нагнетания.

Следовательно, параметр J можно использовать для качественной оценки площади образованной трещины.

Установлено также, что при гидрорыхлении угольного пласта насосом с жесткой рабочей характеристикой оптимальное значение темпа нагнетания q_{opt} , при котором до момента прорыва жидкости по растущим трещинам в ближайшую выработку в пласт поступит объем жидкости Q , можно определить по формуле:

$$q_{opt} = \frac{Q}{a(Q-V)^2}, \quad (2)$$

где коэффициенты a и V определяются по результатам опытного нагнетания.

Приведенная формула свидетельствует о том, что в первом приближении оптимальный темп нагнетания обратно пропорционален закачанному в пласт объему жидкости до момента, когда растущие трещины гидрорыхления достигнут обнаженной поверхности выработки.

Оптимальное значение ΔJ активности АЭ, сопровождающей скачкообразный рост трещин, следующим образом изменяется во времени t :

$$\Delta J_{opt} = \frac{\delta_1}{t - \delta_2 \sqrt{t}}, \quad (3)$$

где параметры δ_1 и δ_2 также устанавливаются по результатам опытного нагнетания.

Из этого выражения видно, что за исключением небольшого начального участка активность АЭ монотонно убывает во времени.

Известно также, что гидрорыхление можно осуществлять и в режиме, в котором обеспечивается постоянство активности АЭ. Чтобы

обеспечить это условие необходимо регулировать темп нагнетания. Оптимальные значения активности АЭ и темпа нагнетания для этого режима рассмотрены в работе [9]. Сложность использования этого режима заключается в том, что в настоящее время нет насосных установок, позволяющих плавно изменять темп нагнетания жидкости. На практике регулировка темпа нагнетания на единицу длины скважины осуществляется либо сбросом части жидкости с выхода насоса на его вход, либо увеличением длины фильтрующей части скважины, либо подключением к насосу одновременно нескольких скважин.

Эффективность гидрообработки кровли и угольного пласта можно оценить в том числе по снижению напряженного состояния в призабойном пространстве. Для этого предлагается использовать метод спектрально-акустического контроля – по отношению амплитуд высокочастотной и низкочастотной частей спектра работающего горного оборудования (комбайна, буровой установки и др.), поскольку известно, что этот параметр определяется преимущественно величиной средних напряжений [10]. Этому способствует установленное аналитически и экспериментально то обстоятельство, что отношение амплитуд высокочастотной и низкочастотной частей спектра работающего горного оборудования контролирует лишь относительные изменения действующих напряжений и поэтому рядом исследователей называется коэффициентом относительных напряжений [11].

Однако использование этого метода для указанной задачи осложнено рядом недостатков. Во-первых, к настоящему времени нет методики, увязывающей показатель относительных напряжений спектрально-акустического метода с величиной действующих напряжений. Во-вторых, при использовании спектрально-акустического метода для оценки опасности проявления динамических или газодинамических явлений в настоящее время нет и методики определения критического значения показателя относительных напряжений, при достижении которого призабойная зона горного массива теряет устойчивость. В-третьих, коэффициент относительных напряжений зависит, кроме напряженного состояния, еще от целого ряда параметров горного массива: его структуры (мощностей угольного пласта, непосредственной и основной кровли; расстояния между источником звука и их приемником; коэффициента затухания звука в угле исследуемого пласта и других [12]). Поэтому нужна методика дифференциации влияния напряжен-

ного состояния на коэффициент относительных напряжений от воздействия других параметров.

Таким образом, методы акустической эмиссии и спектрально-акустический позволяют контролировать процесс гидрообработки углепородного массива и оценивать влияние гидрообработки на напряженное состояние обработанной зоны и ее выбросоудоропасность. Причем метод АЭ удобно применять для контроля процесса развития трещин, а спектрально-акустический – для оценки напряженного состояния обработанной зоны массива. Однако для практического применения эти методы необходимо

доработать в методическом плане и в совершенствовании программно-аппаратных средств по их реализации.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-17-01143).

The study was carried out through a grant from the Russian Science Foundation (project No. 17-17-01143).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клишин, В.И. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко. Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Ин-т горного дела. – Новосибирск: Издательский дом «Новосибирский писатель», 2011. – 524 с.
2. Клишин В.И. Методы направленного гидроразрыва труднообрушающихся кровель для управления горным давлением в угольных шахтах / В.И. Клишин, А.М. Никольский, Г.Ю. Опрук, А.А. Неверов, С.А. Неверов // Уголь. - 2008.- № 11.- С.12-16.
3. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. - М.: Недра, 1979. - 271 с.
4. Чернов О.И. Подготовка шахтных полей с газовыбросоопасными параметрами / О.И. Чернов, Е.С. Розанцев. - М.: Недра, 1975. - 287 с.
5. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа (РД 05-350-00). Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах (Сборник документов). – М.: Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – С. 120-303.
6. Чернов О.И. Прогноз внезапных выбросов угля и газа / О.И. Чернов, В.Н. Пузырев. – М.: «Недра», 1979. – 296 с.
7. Грешников В.А. Акустическая эмиссия. Применение для испытаний материалов и изделий/ В.А. Грешников, Ю.Б. Дробот. - М.: Изд-во стандартов, 1976. - 272 с.
8. Насосы типа Т [Электронный ресурс]. - URL: <http://promenergochim.ru/static/doc/0000/0000/0217/217186.4fo7yта утм.pdf> (дата обращения 21.04.2017).
9. Шадрин А. В. Сейсмоакустическая реакция угольного массива на процесс его гидрообработки // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1983. - №6. - С. 29-34.
10. Шадрин, А.В. Акустический двухчастотный метод контроля напряженного состояния горного массива / А.В. Шадрин, М.В. Дегтярева // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013, №1.2. – С. 55-59.
11. Копылов К.Н. Автоматизированная система контроля состояния массива горных пород и прогноза динамических явлений / К.Н. Копылов, О.В. Смирнов, А.И. Кулик, А.И. Пальцев // Безопасность труда в промышленности, 2015. №8. С. 32-37.
12. Шадрин А.В. Задачи совершенствования спектрально-акустического прогноза динамических явлений в угольных шахтах / А.В. Шадрин, А.А. Контримас // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2017. – №3. С.408-413.

REFERENCES

1. Klishin, V., Zvorygin, L., Lebedev, A., & Savchenko, A. (2011). *Problemy bezopasnosti i novyye tekhnologii podzemnoy razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy* [Problems of safety and new technologies for underground mining of coal deposits]. Novosibirsk: Publishing house "Novosibirsk writer." [In Russian.]
2. Klishin, V., Nikol'skiy, A., Opruk, G., Neverov, A., & Neverov, S. (2008). *Metody napravlennogo gidrorazryva trudnoobrushayushchikhsya krovel' dlya upravleniya gornym davleniyem v ugol'nykh shakhtakh* [Methods of directional fracturing of hard-to-break roofing to control mining pressure in coal mines]. *Ugol - Coal*, (11), 12-16. [In Russian].
3. Nozhkin, N. (1979). *Zablavremennaya degazatsiya ugol'nykh mestorozhdeniy* [Advance decontamination of coal deposits]. Moscow: Nedra. [In Russian].
4. Chernov, O., & Rozantsev, E. (1975). *Podgotovka shakhtnykh poley s gazovybrosoopasnymi parametrami* [Preparation of mine fields with gas-vysokopasnymi parameters]. Moscow: Nedra. [In Russian].
5. *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na plastakh, opasnykh po vnezapnym vybrosam uglya (porody) i gaza (RD 05-350-00). Preduprezhdeniye gazodinamicheskikh yavleniy v ugol'nykh shakhtakh (Sbornik dokumentov)*. [Instructions for the safe management of mining operations on formations that are dangerous for sudden releases of coal (rock) and gas (RD 05-350-00). Prevention of gas-dynamic phenomena in coal mines (Collection of documents)]. (2000). *Gosudarstvennoye predpriyatiye NTTs po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii - The State Enterprise of the SEC for Safety in Industry of the Gosgortekhnadzor of Russia*. (pp. 120-303). Moscow. [In Russian].
6. Chernov, O., & Puzyrev, V. (1979). *Prognoz vnezapnykh vybrosov uglya i gaza* [Forecast of sudden emissions of coal and gas]. Moscow: Nedra. [In Russian].

7. Greshnikov, V., & Drobot, Y. (1976). Akusticheskaya emissiya. Primeneniye dlya ispytaniy materialov i izdeliy [Acoustic emission. Application for testing of materials and products]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. [In Russian].
8. Promyshlennyye nasosy katalog 2013 [Industrial Pumps Catalog 2013]. (2013). Retrieved from <http://promenergochim.ru/static/doc/0000/0000/0217/217186.4fo7ytayvm.pdf> [In Russian].
9. Shadrin, A. (1983). Seismoakusticheskaya reaktsiya ugol'nogo massiva na protsess yego gidroobrabotki [Seismoacoustic reaction of a coal massif to the process of its hydrotreatment]. *Fiziko-Tekhnicheskiye Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopayemykh - Physical And Technical Problems Of Mining*, (6), 29-34. [In Russian].
10. Shadrin, A., & Degtyareva, M. (2013). Akusticheskiy dvukhchastotnyy metod kontrolya napryazhennogo sostoyaniya gornogo massiva [Acoustic two-frequency method for controlling the stressed state of a mountain massif]. *Vestnik Nauchnogo Tsentra Po Bezopasnosti Rabot V Ugol'noy Promyshlennosti - Bulletin Of Research Center For Safety In Coal Industry*, 2(1), 55-59. [In Russian].
11. Kopylov, K., Smimov, O., Kulik, A., & Pal'tsev, A. (2015). Avtomatizirovannaya sistema kontrolya sostoyaniya massiva gornyx porod i prognoza dinamicheskikh yavleniy [Automated system for monitoring the state of the rock massif and predicting dynamic phenomena]. *Bezopasnost' Truda V Promyshlennosti - Labor Safety In Industry*, (8), 32-37. [In Russian].
12. Shadrin, A., & Kontrimas, A. (2017). Zadachi sovershenstvovaniya spektral'no-akusticheskogo prognoza dinamicheskikh yavleniy v ugol'nykh shakhtakh [Problems of improving the spectral-acoustic forecast of dynamic phenomena in coal mines]. *Naukoyemkiye Tekhnologii Razrabotki I Ispol'zovaniya Mineral'nykh Resursov - Science-Intensive Technologies For The Development And Use Of Mineral Resources*, (3), 408-413. [In Russian].

ООО "ГОРНЫЙ-ЦОТ"

серийно производит приборы контроля параметров безопасности рудничной атмосферы угольных шахт, которые успешно эксплуатируются на предприятиях угольной отрасли. Сегодня благодаря их успешному применению на шахтах компания стала надежным звеном в решении проблем промышленной безопасности как в России, так и за ее пределами.

ВЫПУСКАЕМЫЕ ПРИБОРЫ



Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01



Прибор контроля пылевзрывобезопасности горных выработок ПКП



Портативные газоанализаторы GaSense (1-,2-,3-,4-газовые)



Измеритель запыленности стационарный ИЗСТ-01



Система контроля параметров дегазационной сети СКП ДС



Стационарный анализатор контроля параметров атмосферы Gasos заперемычного пространства

INDSAFE.RU

а так же оказывает услуги следующих направлений:

- ▶ разработка систем измерения климатических параметров рудничной атмосферы (температуры; влажности; скорости и направления ветра; давления);
- ▶ разработка программного обеспечения для встраиваемых систем;
- ▶ разработка приборов по индивидуальным заказам, в т.ч. по схеме по-патенту;
- ▶ организация проведения ремонта вышеуказанных серийно выпускаемых приборов и их испытаний с целью поверки.

Горный-ЦОТ является резидентом Кузбасского Технопарка.

II. ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

II. FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY



■ М. С. Плаксин // M. S. Plaksin
plaksin@bk.ru

канд. техн. наук, старший научный сотрудник ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский пр., 10
candidate of technical sciences, senior scientific researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Leningradsky Avenue, Kemerovo, 650065, Russia

УДК 622.831.322

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

HYDRAULIC DESTRUCTION METHOD APPLICATION FOR PREPARATORY OPENING HEADING

Приводятся результаты исследований в области применения гидроразрыва угольного пласта при проведении подготовительных выработок по высокогазоносным угольным пластам с целью снижения газовой и газодинамической опасности.

Опасность инициирования опасных газодинамических явлений, в том числе внезапных выбросов угля и газа, а также вероятность загазования рабочего пространства являются основными факторами, влияющими на темпы проведения подготовительных выработок. Указывается, что создание трещин гидроразрыва в неразгруженном массиве инициирует ток метана, содержащегося в пласте в свободном и адсорбированном виде, в скважину.

Представлены способы применения гидроразрыва угольного пласта при проведении подготовительных выработок с учетом технологических особенностей их проведения. Представлено устройство для выполнения гидроразрыва угольного пласта через шпур, пробуренные в забой подготовительной выработки.

Results of researches in the field of a coal seam hydraulic destruction application at carrying out of preparatory opening heading through high gas containing coal seams with the purpose of gas and gas-dynamic danger decrease are described.

Danger of hazardous gas-dynamic phenomena initiation including such as sudden coal and gas outbursts, as well as possibility of high gas emission into the working area are the main factors influencing the rate of preparatory works heading. It is stated that the fractures creation with hydraulic destruction in the unloaded massif initiates the inflow of methane, which is contained in the seam in free and adsorbed form into the borehole.

The ways of a coal seam hydraulic destruction application at carrying out of preparatory workings considering the technological features of their heading are presented. A device for performing hydraulic destruction of a coal seam through the boreholes drilled into the face of a preparatory opening is presented.

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ, ГИДРОРАЗРЫВ, МЕТАНООБИЛЬНОСТЬ, ГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ

Key words: COAL SEAM, PREPARATORY OPENINGS, HYDRAULIC DESTRUCTION, METHANE INFLOW, GAS-DYNAMIC HAZARD

Повышение рентабельности добычи угля к настоящему времени является одной из главных задач, стоящих перед угольными компаниями. В значительной мере этому способствует внедрение современного высокопроизводительного оборудования для ведения добычи угля и проведения оконтуривающих выработок. Кроме того, по

мере интенсификации процесса добычи угля закономерно и ускорение процесса «углубления» горных работ.

С увеличением глубин отработки и производительности горного оборудования повышается опасность, связанная с газовым фактором.

Главным препятствием на пути повышения темпов подвигания подготовительных забоев

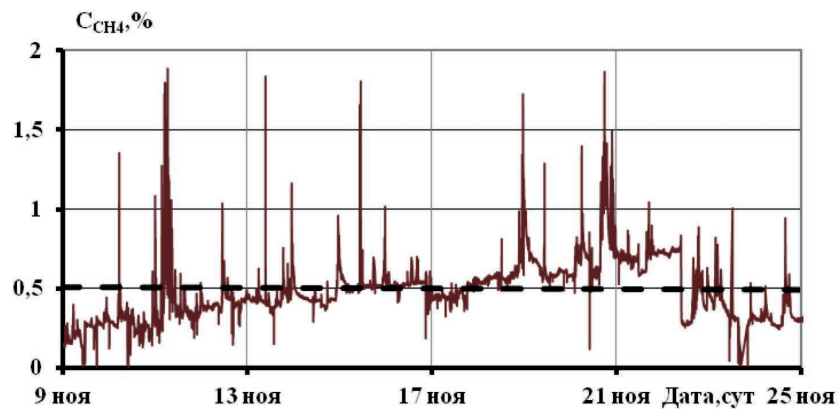


Рисунок 1 – Изменение концентрации метана в забое подготовительной выработки в условиях: $H = 400$ м (глубина проведения выработки), $X = 21$ м³/т (газоносность пласта), $V_M = 120$ м/мес (скорость подвигания выработки), $Q = 540$ м³/мин (количество подаваемого воздуха)

Figure 1 - Changing the concentration of methane in the mine development working in the conditions: $H = 400$ m (depth of generation), $X = 21$ m³ / t (gas reservoir), $V_M = 120$ m / month (speed podviganiya generation), $Q = 540$ m³ / min (amount of air supplied)

являются проблемы, связанные с выделением метана: обильное газовыделение в атмосферу выработки из угля и вероятность возникновения опасных газодинамических явлений, в частности внезапных выбросов угля и газа.

В качестве метода контроля газодинамической опасности при проведении подготовительных выработок используется метод текущего прогноза, а в качестве мер по снижению газовой и газодинамической опасности применяется бурение барьерных и (или) веера разгрузочно-дегазационных скважин. К основному недостатку применения барьерных скважин можно отнести их малую эффективность вследствие низкой продуктивности дегазационных скважин в целом [1]. К основному недостатку применения метода бурения веера разгрузочно-дегазационных скважин можно отнести его негативное влияние на продолжительность проходческого цикла. Более того, в качестве одной из основных рекомендаций по безопасному проведению выработок по высокогазоносным пластам является ограничение темпов их подвигания. Таким образом, совершенствование мероприятий по снижению газовой и газодинамической опасности угольного пласта при проведении подготовительных выработок позволит значительно повысить темпы безопасного проведения выработок по высокогазоносным пластам.

Под газовой проблемой подземной добычи угля подразумевается недопущение превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) метана в атмосфере выработки и, тем самым, снижение вероятности его воспламенения и (или) взрыва. На рисунке 1 представлен график изменения концентрации метана по данным забойного датчика, полученных при проведении подготовительной выработки, с частотой

съемки данных до 15 и более значений в минуту. Из графика видно, что если ориентироваться по средней за многосуточный период концентрации (пунктирная линия, рис. 1), то запас для достижения ПДК в 1 % значительный. С другой стороны, если оперировать фактическими данными, то, во-первых, за представленный на рисунке 1 период имеем более 10 случаев превышения ПДК, а во-вторых, можно отследить и в дальнейшем прогнозировать динамику метанообильности движущегося забоя.

Подвигание подготовительной выработки по угольному пласту вызывает изменение природного напряженного состояния в ее окрестностях. В результате формируется фильтрационный поток газа в сторону обнаженной поверхности. Максимальный приток метана в атмосферу выработки приходится на момент взятия заходки комбайном и в последующие 30 – 70 минут (рис. 2) вследствие перемещения границы зоны неупругих деформаций в глубь массива (рис. 3). По интенсивности поступления метана в выработку ее метанообильность можно разделить на 3 типа (рис. 2): фоновую, нарастающую метанообильность во время работы проходческого комбайна и снижающуюся метанообильность после взятия заходки.

Следует отметить, что для подготовительных выработок, проводимых со скоростью 200-300 м в месяц, более 70 % рабочего времени регистрируется фоновая метанообильность. Задача первостепенной важности – снижение потока метана в выработку в момент работы комбайна, т.е. снижение газового потенциала в призабойной части угольного пласта. Высокое газовое давление, формируемое в призабойной части угольного пласта в момент взятия заходки, является одним из условий инициирования вне-

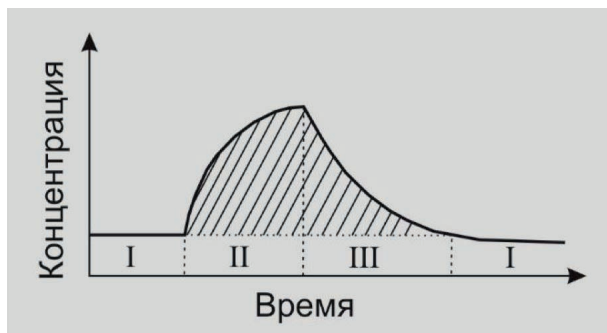


Рисунок 2 – Изменение концентрации метана в забое подготовительной выработки в момент взятия заходки проходческим комбайном: I – фоновое метановыделение; II – метановыделение в процессе взятия заходки; III – метановыделение после взятия заходки, в момент интенсивных изменений геомеханических напряжений в приконтурной части угольного пласта

Figure 2 - Changing the concentration of methane in the mine development working at the time of taking cut heading machine: I - Background methane; II - methane in the process of taking the cut; III - methane after taking cut, when intense change geomechanical stresses in the near-edge part of the coal seam

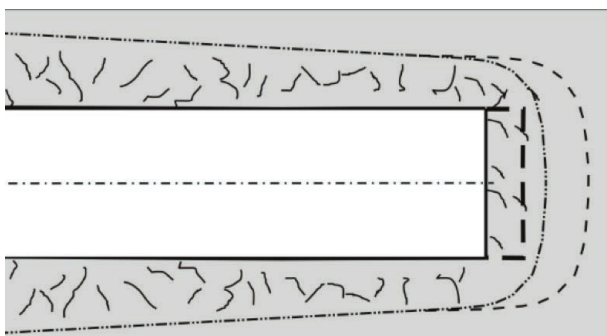


Рисунок 3 – Схема развития зоны неупругого деформирования в приконтурной части подготовительной выработки вследствие взятия очередной заходки (вид сверху). Условные обозначения: — - граница выработки; - - - изменение границы выработки в результате взятия заходки; - · · - граница зоны неупругих деформаций в окрестности выработки; - - - - изменение границы зоны неупругих деформаций в окрестности выработки в результате взятия заходки

Figure 3 - Scheme of development of the zone of inelastic deformation in the contour part of the preparatory development due to the capture of the next cut (top view). Legend: — - boundary of production; - - - change in the boundary of production as a result of taking a cut; - · · - boundary of the zone of inelastic deformations in the vicinity of the generation; - - - - change of the boundary of the zone of inelastic deformations in the vicinity of the production as a result of taking a cut

запного выброса угля и газа [2, 3].

Наиболее эффективной была бы мера по планомерной и предварительной механической разгрузке угольного пласта с целью его дегазации по трассе проведения выработки, но в отличие от очистных работ [4, 5] заблаговременный доступ к этой части обрабатываемого пласта непосредственно при проведении одиночных выработок ограничен. Возможным решением по снижению газовой и газодинамической опасности при проведении подготовительных выработок – создание магистральных каналов (тре-

щин), способствующих свободной миграции газа из призабойной части.

Технологии создания искусственных трещин в горном массиве, в основном с применением гидроразрыва, доказали свою эффективность в качестве средства снижения негативного влияния горного давления при ведении горных работ в условиях труднообрушаемых кровель [6]. Также создаются основы для использования гидроразрыва как средства для повышения эффективности дегазационных скважин [7, 8, 9].

Для определения эффекта повышения газоотдачи пласта вследствие применения гидроразрыва необходимо учитывать физико-механические свойства угольного пласта.

Величина повышения газоотдачи пласта вследствие применения гидроразрыва будет зависеть как от физико-механических свойства угольного пласта, так и форм содержания метана в угле.

Согласно современным представлениям, метан в угольном пласте содержится в трех состояниях [10]: свободном, адсорбированном и по типу твердого углегазового раствора ТУГР [11]. Свободный газ содержится внутри макропор, микротрещин и других дефектов сплошности угля в природных условиях. Его доля составляет 2 – 12 % от газоносности пласта и снижается при наличии градиента газового давления и магистральных (связанных) трещин в сторону кромки пласта.

Адсорбированный газ локализуется на угольных поверхностях природных пор и дефектов сплошности, межблочных промежутках (содержание 8 – 16 % от общего объема в пласте). Условием десорбции является снижение давления свободного газа в пласте.

ТУГР расположен в межмолекулярном пространстве угольного вещества (содержание 70 – 85 % от общего объема в пласте, указано для глубины залегания пласта около 600 – 800 м). Условием его активизации (необратимого распада твердого раствора) является снижение геостатических напряжений. Таким образом, угольный пласт, не являясь гидроизолятором, «надежно» заблокировал метан в единой системе «уголь-газ».

Известно [10], что доля свободного и адсорбированного метана в пласте с глубиной снижается, а доля ТУГР повышается, следовательно, эффективность применяемых дегазационных мероприятий будет падать, а газокинетическая реакция пласта на технологическое воздействие будет более «агрессивной».

Создание трещины гидроразрывом не

приводит к геомеханической разгрузке массива, следовательно, данное мероприятие обеспечит отток свободного и адсорбированного метана из неразгруженного массива. С другой стороны, наличие магистральных трещин гидроразрыва в момент разгрузки горного массива обеспечит равномерный отток метана через данные трещины, что обеспечит снижение газодинамической опасности вследствие повышения газопроницаемости угольного пласта в призабойной зоне.

В соответствии с технологическими особенностями проведения подготовительных работ по газоносным угольным пластам [12] наиболее оптимальными являются решения по проведению гидроразрыва через барьерные скважины из буровых ниш или через шпурсы из забоя выработки (рис. 4).

Выполнение гидроразрыва через барьерные скважины

Гидроразрыв выполняется из буровых ниш через барьерные скважины. Исходя из оценки влияния трещин гидроразрыва на процесс газовыделения [13], рекомендуемое максимальное расстояние выполнения гидроразрыва водой

– 40 м, повышение дальности выполнения гидроразрыва от забоя скважины потребует применение пропанта, что технически значительно усложнит процесс выполнения гидроразрыва. Объем закачиваемой в пласт жидкости – до 100 л на создание одной трещины гидроразрывом. Расстояние между трещинами гидроразрыва определяется в зависимости от физико-механических свойств угольного пласта. Основные преимущества метода выполнения гидроразрыва через барьерные скважины (рис. 4а) по сравнению с методом выполнения гидроразрыва через шпурсы (рис. 4б): не требуется доступ к забою выработки; изолированный от рабочего пространства выработки отвод метана.

Выполнение гидроразрыва через шпурсы из забоя подготовительной выработки.

Гидроразрыв выполняется через шпурсы длиной до 10 м, пробуренные в забой подготовительной выработки. Объем закачиваемой в пласт жидкости – до 40 л на создание одной трещины гидроразрывом. Основные преимущества метода выполнения гидроразрыва через шпурсы (рис. 4б) по сравнению с методом выполнения

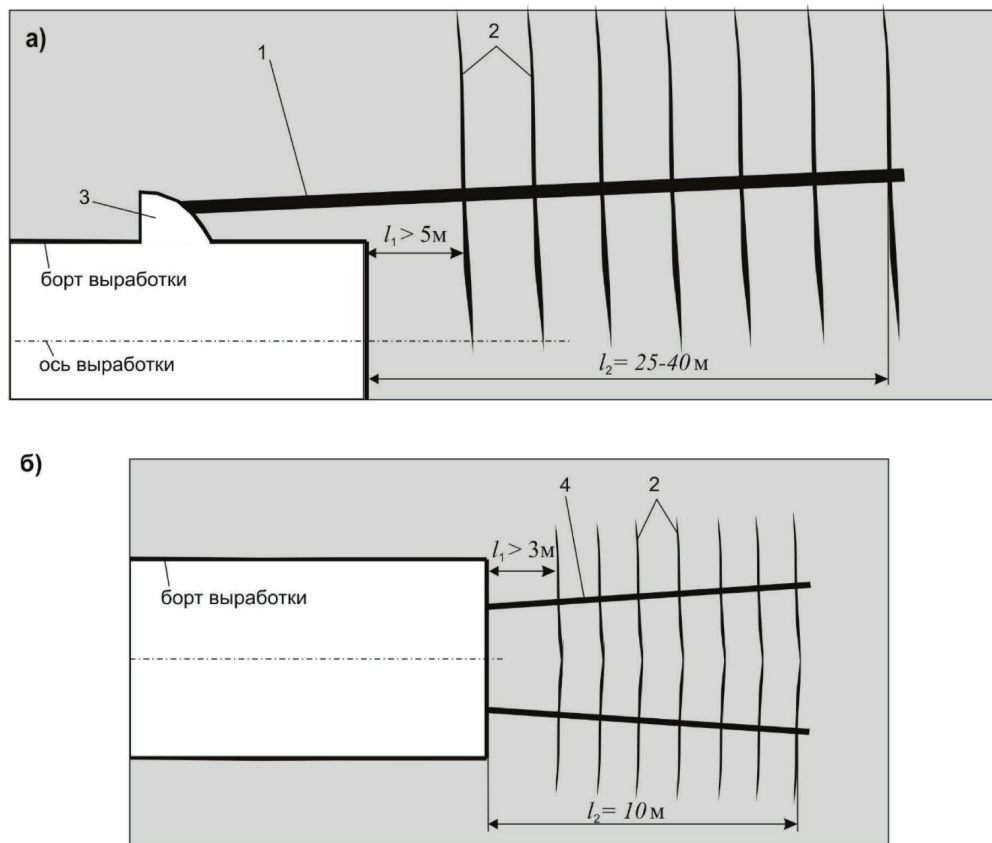


Рисунок 4 – Технологические схемы применения ориентированного направленного гидроразрыва при проведении подготовительных работ по высокогазоносным угольным пластам: а – через барьерные скважины; б – через шпурсы; 1 – барьерная скважина, 2 – трещины гидроразрыва, 3 – буровая ниша; 4 – шпур; l_1 и l_2 – минимальное и максимальное расстояние выполнения гидроразрыва пласта от забоя подготовительной выработки.

Figure 4 - Technological schemes of using directed directional fracturing during preparatory workings on high-gas-bearing coal seams: a - through barrier wells; b - through the boreholes; 1 - barrier well, 2 - hydraulic fracture cracks, 3 - drilling niche; 4 - the hole; l_1 and l_2 - the minimum and maximum distance of the hydraulic fracturing of the formation from the face of the preparatory mine.

Таблица 1. Технические характеристики пакера манжетного механического

Диаметр устройства, мм	40
Длина максимальная, м	1235
Допускаемое давление нагнетания, МПа	до 30
Длина уплотнительных элементов, мм	2*20
Число уплотнительных элементов	2
Максимальный диаметр герметизирующих манжет, мм	92
Масса, кг	до 28
Условия применения:	
Диаметр шпура, мм	42-44
Производительность насосной установки, л/мин	35-60

гидроразрыва через барьерные скважины (рис. 4а): высокая эффективность гидроразрыва в связи с созданием трещины непосредственно в призабойной зоне пласта; малый объем закачиваемой жидкости.

Вопрос по объемам закачиваемой в пласт воды при проведении подготовительной выработки по высокогазоносным пластам является довольно существенным. С одной стороны, известны свойства нагнетаемой воды, запирающей метан в пласте; с другой – увлажнение пласта приводит к искажению показаний, полученных при проведении шпурового метода прогноза выбросоопасности. Поэтому важным является контроль давления подаваемой жидкости в процессе выполнения гидроразрыва и прекращения ее подачи в случае выхода процесса подачи жидкости на режим высоконапорного увлажнения (гидроотжима) [14].

Выполнение гидроразрыва через шпуры возможно осуществить с помощью устройства «Пакер манжетный механический», разработанного в ИУ СО РАН (рис. 5). Основные технические характеристики пакера представлены в таблице.

Общий процесс проведения мероприятия по выполнению ориентированного гидроразрыва пласта через шпуры (барьерные скважины) следующий (рис. 4):

1. Бурение шпура (скважины).
2. Доставка пакера до забоя шпура (скважины).
3. Проведение гидроразрыва угольного пласта. Контроль давления и расхода жидкости.
4. Повторение операции 3 по длине шпура (скважины).
5. Подключение шпура (скважины) к дегазационному ставу (если предусмотрено).

Выводы

Представленные схемы применения ги-



Рисунок 5 – Пакер манжетный механический (ИУ СО РАН)

Figure 5 - Packer mechanical cuff (IU SB RAS)

дроразрыва имеют несколько разнонаправленное влияние. Так применение способа гидроразрыва через барьерные скважины в большей степени способствует снижению газоносности пласта впереди забоя выработки и позволяет изолированно отводить метан, поступающий в скважину, что положительным образом отразится на метанообильности проводимой выработки. Применение способа гидроразрыва через шпуры будет в большей степени способствовать снижению газодинамического потенциала призабойной зоны пласта. Следовательно, представленные способы применения гидроразрыва возможно использовать совокупно для достижения более высоких результатов по снижению газовой и газодинамической опасности при проведении выработок по высокогазоносным пластам.

Развитие и поэтапное внедрение технологии гидроразрыва угольного пласта в технологи-

ческий процесс проведения подготовительных выработок по высокогазоносным угольным пластам создаст дополнительные возможности по-

вышения темпов их подвигания, не снижая уровня безопасности горных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Родин Р.И. Эффективность дегазации шахт Кузбасса // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2011. – № 2. – С. 116-119.
2. Полевщиков Г. Я. Динамические газопроявления при проведении подготовительных и вскрывающих выработок в угольных шахтах. Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. 317 с.
3. Чернов О.И., Пузырев В.Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. М.: Недра, 1979. 296 с.
4. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В. Особенности газомеханических процессов на выемочном участке шахты // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2010. № 2. С. 28–35.
5. Полевщиков Г. Я., Козырева Е.Н., Киряева Т.А. Физико-химическая основа внезапности динамических газопроявлений в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2004. № 8. С. 81–87.
6. Клишин В.И., Никольский А.М., Опрук Г.Ю. и др. Метод направленного гидроразрыва труднообрушающихся кровель для управления горным давлением в угольных шахтах // Уголь. 2008. № 11. С. 12-17.
7. Плаксин М. С., Родин Р.И., Рябцев А.А [и др.] Гидроразрыв угольного пласта в шахтных условиях как панacea решения газовых проблем шахт (основы разработки и внедрения) // Уголь. 2015. № 2. С. 48–50.
8. Клишин В.И., Курленя М.В., Писаренко М.В. Совершенствование геотехнологий и способов управления состоянием массива горных пород на основе их гидроразрыва // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 6. С. 23-35.
9. Клишин В.Н., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Дурнин К.М. Разупрочнение угольного пласта, в качестве метода интенсификации выделения метана // Уголь. 2010. № 4. С. 40 - 42.
10. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов. М.: ИАГН, 2000. 519 с.
11. Алексеев А.Д., Айруни А.Т., Васючков Ю.Ф., Зверев И.В., Синолицкий В.В., Долгова М.О., Эттингер И. Л. Свойство органического вещества образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов : Диплом на открытие № 9. Акад. ест. наук. Ассоц. авт. науч. отк. от 10.11. 1994, рег. №16, Москва.
12. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа РД 05-350-00, 2000.
13. Kravits S.J. (1993) Evaluation of Hydraulically-fractured In-Mine Horizontal Wells as a Completion Approach for Coalbed Methane Recovery Independent of and in Conjunction with Coal Mine Operations, REI Underground Exploration Draft Report, October 1993.
14. Полевщиков Г.Я., Розанцев Е.С., Лохов В.И., Крючков И. Руководство по применению безопасного и контролируемого способа интенсивной дегазации призабойной части пласта для предотвращения внезапных выбросов угля и газа с использованием эффекта гидроотжима и аппаратуры контроля метана (регулируемый гидроотжим). Кемерово: ВостНИИ, 1987. 16 с.

REFERENCES

1. Rodin, R.I. (2011). Effektivnost degazatsii shakht Kuzbassa [Kuzbass mines degassing efficiency]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti robot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, (2), 116-119 [in Russian].
2. Polevshchikov, G.Ya. (2003). *Dinamicheskiie proiavleniia pri provedenii podgotovitelnykh i vskryvaiushchikh robot v ugolnykh shakhtakh [Dynamic phenomena at preparatory and developing opening heading in coal mines]*.Kemerovo: Institute of Coal and Coalchemistry RAS SB [in Russian].
3. Chernov, O.I., & Puzyrev, V.N. (1979). *Prognoz vnezapnykh vybrosov uglia i gaza [Sudden coal and gas outburst forecast]*. Moscow: Nedra [in Russian].
4. Kozyreva, Ye.N., & Shinkevich, M.V. (2010). Osobennosti gazomekhanicheskikh protsessov na vyiemochnom uchastke shakhty [Gas-mechanical processes specific features at a mine coal extraction section]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti robot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, (2), 28-35 [in Russian].
5. Polevshchikov, G.Ya., Kozyreva, Ye.N., & Kiriaeva, T.A. (2004). Fiziko-khimicheskaiia osnova vnezapnosti dinamicheskikh gazoprojavlenii v ugolnykh shakhtakh [Physicochemical basis of dynamic gas manifestation suddenness in coal mines]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, (8), 81-87 [in Russian].
6. Klishin, V.I., Nikolski A.M, Opruk, G.Yu et al. (2008). Metod napravlennogidrorazryva trudnoobrushaiushchikhsia krovel dlia upravleniia gornym davleniim [Method of directional hard-to-collapse roofs destruction to control mining pressure in coal mines], *Ugol - Coal*, (11), 12-17 [in Russian].
7. Plaksin, M.S., Rodin, R.I., Riabtsev, A.A. et ai. (2015). Gidrorazryv ugolnogo plasta v shakhtnykh usloviakh kak panatseia resheniia gazovykh problem shakht (osnovy razrabotki i vnedreniia [Hydrolic destruction of a coal seam in mine conditions as a panacea for solving mine gas problems (the basis for development and implementation)]. *Ugol – Coal*, (2), 48-50 [in Russian].
8. Klishin, V.I., Kurlenia, M.V., & Pisarenko, M.V. (2013). Sovershenstvovaniie geotekhnologii i sposobov upravleniia sostoianiem gornyx porod na osnove ikh gidrorazryva [Improvement of geotechnologies and ways of rock massif condition management on the basis of its hydraulic destruction]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, (6), 23-35 [in Russian].
9. Klishin, V.N., Kokoulin, D.I., Kubanychbek, B, & Durnin, K.M. (2010). Razuprochneniie ugolnogo plasts v kschestve

- metoda intensifikatsii vydeleniia metana [Coal seam weakening as methane extraction method intensification]. *Ugol – Coal*, (4), 40-42 [in Russian].
10. Malyshev, Yu.N., Trubetskoi, K.N., & Airuni, A.T. (2000). *Fundamentalno-prikladnyie metody resheniia problem ugolnykh plastov* [Fundamental and applied methods for solving the coal seams problem]. Moscow: IAGN [in Russian].
 11. Alekseev, A.D., Airuni, A.T., Vasiuchkov, Yu.F., Zverev, I.V., Sinilitcki, V.V., Dolgova, M.O., & Ettinger, I.L. (1994). *Svoistvo organicheskogo veshchestva obrazovuyvat s gazami metastabilnyie odnofaznyie sistemy po tipu tverdykh rastvorov* [The property of organic matter to form metastable single-phase systems with gases as solid solutions]. *Discovery diploma number 9. Academy of Natural Sciences*. Moscow [in Russian].
 12. *Instruktsia po bezopasnomu vedeniiu gornykh rabot na plastakh, opasnykh po vnezapnym vybrosam uglia (porody) i gaza* [Instructions for the safe mining operations on coal seams dangerous for sudden coal (rock) and gas outbursts]. (2000). RD 05-350-00 [in Russian].
 13. Kravits S.J. (1993) *Evaluation of Hydraulically-fractured In-Mine Horizontal Wells as a Completion Approach for Coalbed Methane Recovery Independent of and in Conjunction with Coal Mine Operations, REI Underground Exploration Draft Report, October 1993*. [in English].
 14. Polevshchikov, G.Ya., Rozantsev, Ye.S., Lokhov, V.I., & Kriuchkov, I. (1987). *Rukovodstvo po primeneniyu bezopasnogo i kontroliruemogo sposoba intensivnoj degazatsii prizabojnoj chasti plasta dlya predotvrashcheniya vnezapnykh vybrosov uglia i gaza s ispolzovaniem effekta gidrootzhima i apparatury kontrolya metana (reguliruemyj gidrootzhim)* [Guidelines for the application of a safe and controlled method for intensive degassing of the coal seam face area to prevent sudden coal and gas outbursts using the hydraulic movement effect and methane control equipment (controlled hydraulic movement)]. Kemerovo: VostNII [in Russian].



GaSos

Стационарный газоанализатор контроля параметров атмосферы в зоне отработанного пространства

Блок индикации и передачи данных

Индикация
Цветной графический экран позволяет отображать данные в режиме «онлайн» для всех измеренных параметров одновременно. Возможен вывод любой статистики в виде графиков или диаграмм.

Управление
Антивандальные кнопки

Выносной блок для измерения концентрации газов и контроля параметров атмосферы

Измерение до 6 газов одновременно, а также температуры и абсолютного давления одним блоком диффузионным методом без пробоотборного насоса. Данная методика измерения позволяет снизить энергопотребление и повысить надежность газоанализатора

Зона отработанного пространства

Передача данных
Передача измеренных и расчетных данных в систему сбора информации шахты по цифровому интерфейсу RS-485 и по аналоговому выходу 0,4-2В

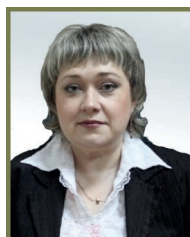


indsafe.ru



М.В. Шинкевич // M.V. Shinkevich
gas_coal@icc.kemsc.ru

кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
candidate of technical sciences, senior researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Leningrad Avenue, Kemerovo, 650065, Russia



Е.Н. Козырева // Ye.N. Kozyreva
gas_coal@icc.kemsc.ru

кандидат технических наук, заведующий лабораторией ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
candidate of technical sciences, laboratory head of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Leningrad Avenue, Kemerovo, 650065, Russia



М.С. Плаксин // M.S. Plaksin
gas_coal@icc.kemsc.ru

кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
candidate of technical sciences, senior researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Leningrad Avenue, Kemerovo, 650065, Russia



Р.И. Родин // R.I. Rodin
gas_coal@icc.kemsc.ru

младший научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
junior researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Leningrad Avenue, Kemerovo, 650065, Russia

УДК 622.411.33

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА ПРИ ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ И СБЛИЖЕННЫХ ПЛАСТОВ ДЛИННЫМИ СТОЛБАМИ

METHODICAL BASES OF THE EXTRACTION SECTION METHANE INFLOW DYNAMICS FORECAST WHEN WORKING OUT THICK AND ADJACENT SEAMS WITH LONG PILLARS

В статье рассмотрены горно-технологические условия подземной добычи угля, связанные с разработкой мощных и сближенных пластов. Газодинамическая реакция массива на технологические воздействия обусловлена высокой изменчивостью условий залегания отрабатываемого пласта угля при современных технологиях, поэтому её оперативный анализ значительно усложнен. Изменения горно-технологических ситуаций выходят за пределы организационно-технических мероприятий, предусмотренных действующими нормативными документами. Применение современных знаний о происходящих геомеханических процессах при отработке пластов угля позволяет детализировать информацию о свойствах и состояниях массива изменяющихся под воздействием процессов сдвижений. Целью работы являлось уточнение метода прогноза динамики метанообильности выемочного участка при отработке мощных и сближенных пластов длинными столбами в условиях высокой изменчивости газовых потенциалов и развития нелинейных геомеханических процессов в массиве горных пород. Результаты статьи послужат основой для повышения эффективности управления динамикой метанообильности выемочных участков и обеспечения безопасных условий ведения горных работ.

In the article, mining and technological conditions of underground coal mining related to the development of thick and adjacent seams are considered. The gas-dynamic reaction of the massif to technological impact is conditioned by the coal seam being processed with modern technologies highly variable position, therefore its operational analysis is considerably complicated. Changes in mining and technological situations go beyond the organizational and technical measures envisaged by the current regulatory documents. The application of modern knowledge about the occurring geomechanical processes during the development of coal seams allows us to detail information about the massif properties and conditions that change under the influence of the shifting processes. The aim of the work was to refine the extraction section methane inflow dynamics forecasting method during the thick and adjacent seams development by long pillars in conditions of gas potential high variability and development of nonlinear geomechanical processes in the rock massif. The article results will serve as a basis for extraction section methane inflow dynamics control efficiency increasing and ensuring safe mining conditions.

Ключевые слова: КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МОЩНЫЕ И СБЛИЖЕННЫЕ ПЛАСТЫ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫЙ ПЛАСТ, ВЫРАБОТАННОЕ ПРОСТРАНСТВО, ГАЗОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАССИВА, ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ МАССИВА, ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ

Key words: THICK AND ADJACENT SEAMS, SEAM UNDER WORK, GOB AREA, MASSIF GAS POTENTIAL, MASSIF GEOMECHANICAL STRUCTURING, METHANE INFLOW DYNAMICS FORECAST

Введение.
Эффективная и безопасная добыча угля невозможна без научных изысканий, предусматривающих меняющиеся горно-технологические условия. Научные изыскания по рассматриваемому кругу задач ведутся как в нашей стране, в странах СНГ, так и в дальнем зарубежье [1–14].

Учитывая современные особенности условий ведения горных работ, приходится констатировать, что прогноз газовой обстановки на выемочных участках по действующим в угледобывающей отрасли нормативно-методическим документам, вызывает справедливые нарекания в надежности расчетных параметров. Техническим службам шахт необходимы соответствующие системы не только контроля ситуаций, но и их предвидения, что требует принципиально нового подхода к формированию и анализу горно-геологической и горно-технологической информации.

Требования к формированию и эксплуатации электронных баз геологоразведочных данных на примере горного отвода шахты «Алардинская» (ОАО «ОУК «Южкузбассуголь»), отрабатывающей мощные пласты длинными столбами, представлены в работе [15]. А также изложены методические основы автоматизированной оценки распределения газового потенциала вмещающего массива и приведены результаты численного моделирования их распределения по площади и глубине горного от-

вода и в пределах выемочных участков, в том числе участка № 6-1-11. Полученные и представленные в работе [15] результаты исследований послужили основой для выполнения второго этапа комплексного проекта программы СО РАН № II.2П/IX.132-8. Целью этапа является разработка методических основ оценки динамики реализации газового потенциала вмещающего массива (прогноза динамики метанообильности выемочного участка) при отработке мощных и сближенных пластов длинными столбами.

Основы прогноза динамики метанообильности. При прогнозе динамики метанообильности выемочного участка необходимо учитывать изменение свойств и состояний массива в условиях развития нелинейных геомеханических процессов в массиве горных пород при выемке мощного пласта угля. На основании полученных результатов при проведении горно-экспериментальных исследований авторами статьи разработана параметрическая модель формирования и развития зон разгрузки массива горных пород при движении очистного забоя при подземной разработке угольных пластов длинными столбами по простиранию [16–20]. Модель основана на современных достижениях нелинейной геомеханики в области деформационно-волновой природы геомеханических процессов в окрестности выработок и уточняет закономерности классической геомеханики. Основным параметром модели является длина очистного забоя. Расчет мощностей геомеханических слоев раз-

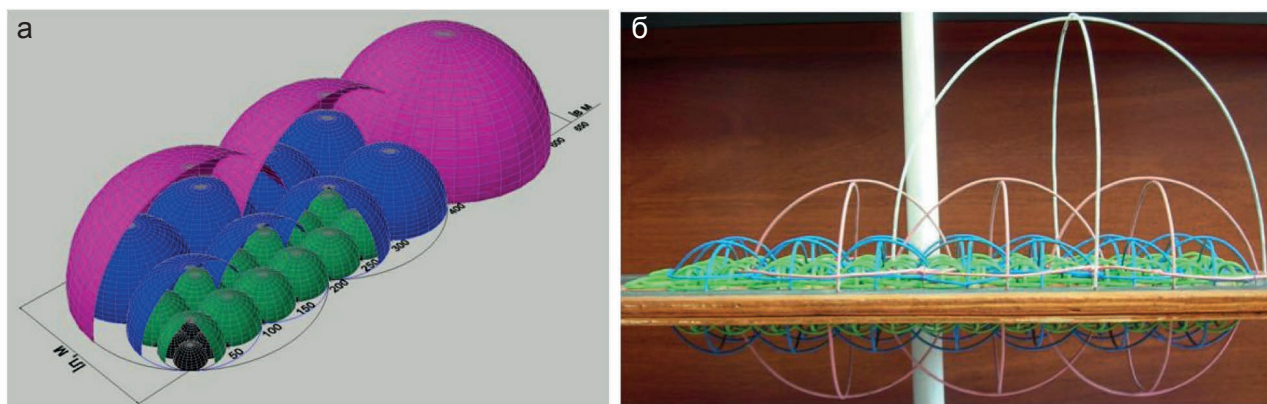


Рисунок 1 – Представления о техногенной структуризации массива горных пород при выемке пласта угля с учетом реализации упругой энергии и объединения сводов сдвижения. а - трехмерная схема развития геомеханического процесса в подрабатываемом массиве, б - макет модели развития геомеханического процесса в массиве горных пород

Figure 1 - Representations of technological structuring rock massif at recess coal seam with the realization of the elastic energy, and combining displacement vaults. а - a three-dimensional scheme for the development of the geomechanical process in the work-lined array, б - model of the geomechanical process development in the rock massif

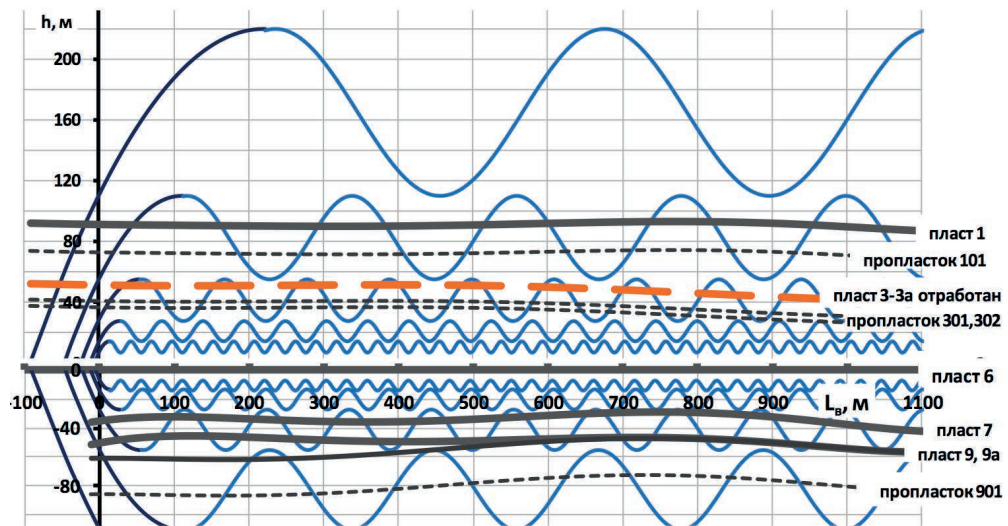


Рисунок 2 – Схема развития геомеханической структуризации массива горных пород при отработке выемочного столба № 6-1-11

Figure 2 - Scheme geomechanical structuring development of a rock mass in mining extraction pillar № 6-1-11

личных уровней структурной иерархии массива выполняется с учетом реализации упругой энергии массива в зависимости от глубины залегания отработываемого пласта, коэффициента литологического давления и средневзвешенного модуля упругости пород в каждом геомеханическом слое.

Для визуального пояснения процессов формирования и развития иерархии сводов сдвижений построена трехмерная схема (рис. 1, а) и создан макет модели (рис. 1, б).

Согласно разработанной параметрической модели и с учетом, что длина лавы составляет 220 м, для условий выемочного участка № 6-1-11 шахты «Алардинская» построена схема развития геомеханической структуризации массива (рис. 2). Волнообразные линии на рисунке 2 описывают процесс формирования верхних границ зон разгрузки от горного давления вмещающего массива.

щающего массива.

Прогноз метановыделения из основных источников (разрабатываемый пласт и выработанное пространство) при отработке выемочного столба № 6-1-11 выполняется:

- по разработанному алгоритму расчета параметров геомеханической структуризации массива горных пород при движении очистного забоя, учитывающему горно-геологические и горно-технологические условия отработки (рис. 2);

- на основе оценки распределения газового потенциала вмещающего массива, учитывающей высокую изменчивость свойств массива в пределах влияния рассматриваемого выемочного столба [15].

Разрабатываемый пласт. Мощность пласта 6 составляет в среднем 8+9 м с максимальным значением до 10,6 м. Его отработка велась с

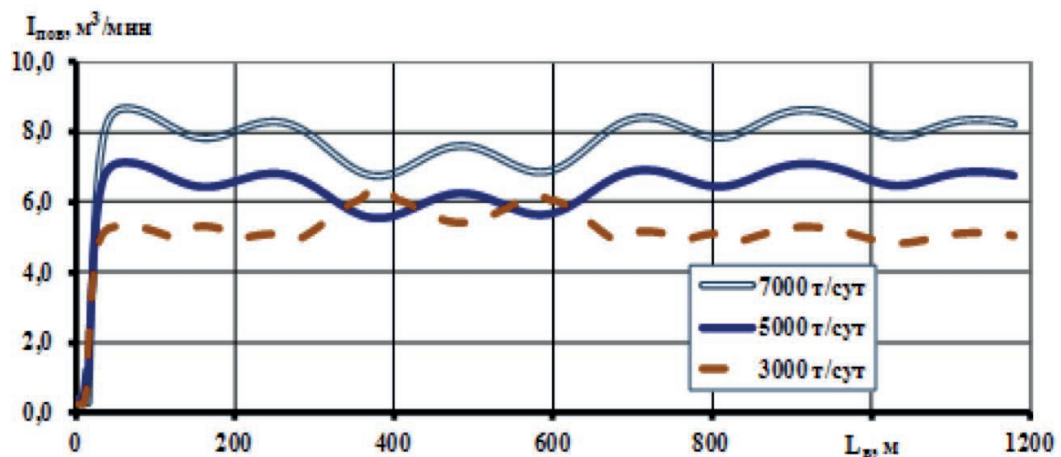


Рисунок 3 – Метановыделение с обнаженной поверхности очистного забоя по длине выемочного столба № 6-1-11 при различных нагрузках

Figure 3 - Methane discharge from the exposed surface of the face face along the length of the extraction pillar № 6-1-11 at various loads

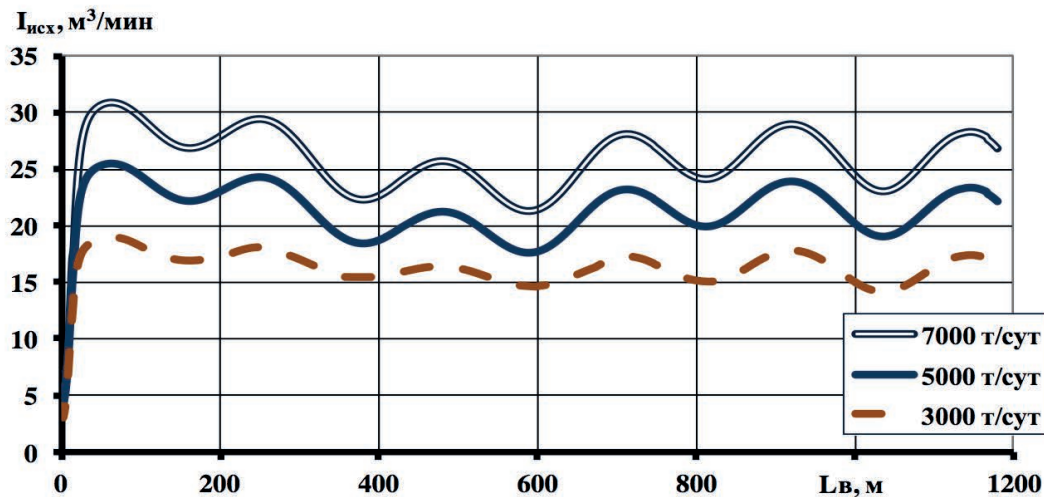


Рисунок 4 – Метаносодержание в исходящей струе воздуха на выходе из очистного забоя по длине выемочного столба № 6-1-11 при различных нагрузках

Figure 4 - Methane content in the outgoing air stream at the exit from the face face along the length of the extraction pillar № 6-1-11 at various loads

выемкой первого слоя мощностью 4,5 м и оставлением пачки угля в кровле второго слоя.

Отличительной особенностью предлагаемого метода расчета метановыделения при отработке мощного пласта от расчета по нормативным документам является дифференциация процесса газовыделения из разрабатываемого пласта на 4 составляющие. Метановыделение в исходящую струю выемочного участка будет складываться из метановыделения: 1) с обнаженной поверхности очистного забоя; 2) из отбитого угля, транспортируемого по лавному конвейеру; 3) из отбитого угля, транспортируемого по конвейерному штреку; 4) из оставляемой пачки угля.

На рисунке 3 представлены графики метановыделения с обнаженной поверхности очистного забоя по длине выемочного столба № 6-1-11 при нагрузках 3000, 5000 и 7000 т/сут.

На рисунке 4 представлено расчетное метаносодержание в исходящей струе очистного забоя (с обнаженной поверхности очистного забоя и из отбитого угля, транспортируемого по лавному конвейеру) по длине выемочного столба № 6-1-11 при различных нагрузках с учетом коэффициента распределения воздуха 0,3.

Количество метана во входящей струе воздуха определяется лишь метановыделением из отбитого угля, транспортируемого по конвейерному штреку. Прогнозные значения метановыделения из отбитого угля, транспортируемого по конвейерному штреку, по длине выемочного столба № 6-1-11 при различных нагрузках представлены на рисунке 5.

Дополнительным притоком метана в очистной забой послужит часть газа, выделяющаяся из оставляемой пачки угля. Среднее значение газоносности пласта при фактическом

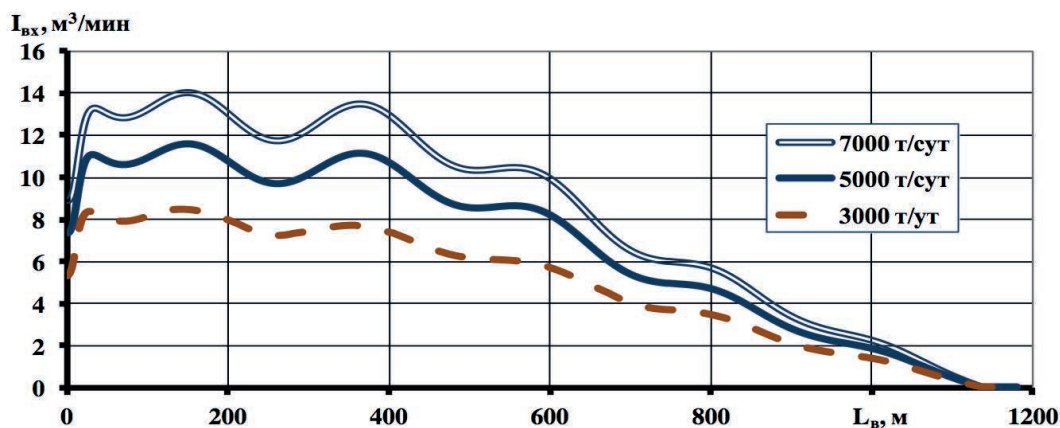


Рисунок 5 – Метаносодержание в исходящей струе воздуха на выходе из очистного забоя по длине выемочного столба № 6-1-11 при различных нагрузках

Figure 5 - Methane from the coal chipped transported by conveyor drifts along the length of the extraction pillar № 6-1-11 at different loadings

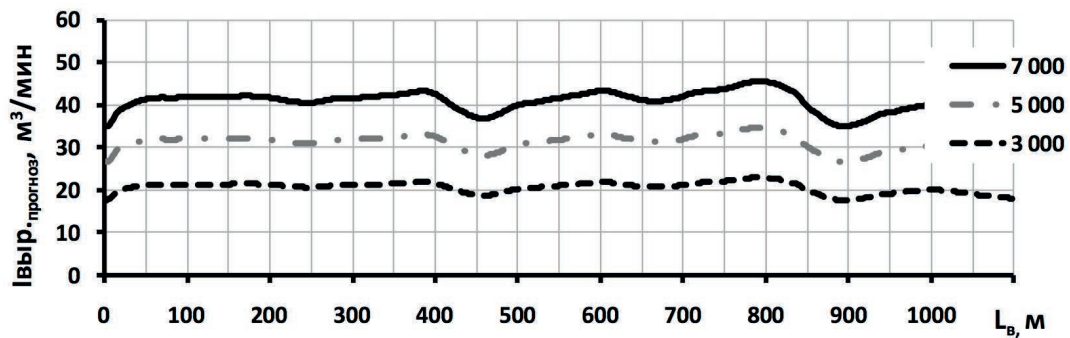


Рисунок 6 – Прогноз абсолютного метановыделения в выработанное пространство выемочного участка № 6-1-11 при различной добыче

Figure 6 - The forecast of absolute methane release into the worked out area of the excavation site № 6-1-11 for various mining

коэффициенте его дегазации $0,34$ и с учетом газоистощения пласта 6 в результате его частичной разгрузки при опережающей обработке пласта 3-3а составляет $17,8 \text{ м}^3/\text{т}$. Доля газоносности пласта 6, выделяющая в очистной забой, будет зависеть от скорости подвигания очистного забоя.

Выработанное пространство. Основными факторами, определяющими метановыделение в выработанное пространство, являются: особенность структуризации вмещающего массива в конкретных горно-геологических и горно-технологических условиях (рис. 2); изменчивость газовых потенциалов вмещающего массива по длине выемочного столба и порядок обработки пластов в свите [15]. Предварительная обработка вышележащего пласта 3-3а привела к снижению природной газоносности пластов, подрабатываемых лавой № 6-1-11, в том числе и к неравномерному газоистощению пласта 6.

Отличительная особенность прогноза динамики метанообильности выработанного пространства выемочного участка № 6-1-11 (для условий обработки мощного пласта) от предложенной ранее методики прогноза [16, 20] заключается в учете дополнительного притока метана из оставляемой пачки угля. С учетом неравномерного газоистощения обрабатываемого пласта и мощности пород между пластами 6 и 7 метанообильность выемочного участка № 6-1-11 по верхнему слою пласта 6 на $40\div 45\%$ будет определяться газоносностью самого пласта.

На рисунке 6 приведены результаты расчета абсолютного метановыделения в выработанное пространство выемочного участка № 6-1-11 при добыче угля $3000, 5000$ и $7000 \text{ м}^3/\text{см}$.

Прогноз динамики метанообильности выемочного участка по длине выемочного столба служит основой для эффективного выбора схем и параметров управления газовой выделением, ориентируя их на снижение газопритоков из источников метановыделения.

Заключение.

Отмеченные особенности геомеханических процессов в массиве горных пород и газодинамической реакции массива на технологическое воздействие (на примере выемочного участка № 6-1-11) позволили разработать методические основы прогноза динамики метанообильности выемочного участка при обработке мощных и сближенных пластов длинными столбами при заданных графиках подвигания забоя. Совокупность полученных результатов развивает научно-техническую основу целенаправленного перехода от типичной для Кузбасса комбинированной схемы проветривания с фланговым газоотсосом к действующей на большинстве шахт комплексной системе управления газовой выделением на выемочном участке. Эта схема включает проветривание выемочного участка за счет общешахтной депрессии; создание дополнительной депрессии от забоя к выработанному пространству с помощью всасывающей вентиляционной установки; дегазацию выработанного пространства и обрабатываемого пласта.

Значительная мощность обрабатываемого пласта накладывает весьма высокие требования к качеству его предварительной дегазации при планировании производительности выемочных участков.

Оценка эффективности технологий управления динамикой метанообильности выемочного участка (с учетом газового фактора) при обработке мощных и сближенных пластов будет выполняться на третьем этапе комплексного проекта программы СО РАН № II.2П/IX.132-8.

Работа выполнена при финансовой поддержке комплексного проекта программы СО РАН № II.2П/IX.132-8.

This work was supported by the integrated project of the SB RAS program No. II.2P / IX.132-8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тайлаков О.В., Застрелов Д.Н., Кормин А.Н. Способ оценки ресурсов метана угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельная статья (специальный выпуск). 2014. № 12. 12 с.
2. Тайлаков О.В., Кормин А.Н., Застрелов Д.Н., Уткаев Е.А. Определение газоносности угольных пластов на основе исследования процессов фильтрации и диффузии метана // Уголь. 2015. № 1. С. 74-77.
3. Клишин В.И., Клишин С.В. Исследование процессов выпуска угля при отработке мощных пологих и крутых угольных пластов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2010. № 2. С. 69-81.
4. Клишин В.И., Шундулиди И.А., Ермаков А.Ю., Соловьев А.С. Технология разработки запасов мощных пологих пластов с выпуском угля. Новосибирск: Наука, 2013. 248 с.
5. Черданцев Н.В., Преслер В.Т., Изаксон В.Ю. Геомеханическое состояние анизотропного по прочности массива горных пород в окрестности сопрягающихся выработок // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2010. № 2. С. 62-68.
6. Черданцев Н.В. Устойчивость анизотропного массива горных пород с системой двух спаренных выработок квадратного поперечного сечения // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 3. С. 6-13.
7. Родин Р.И., Плаксин М.С. Особенности повышения газопроницаемости угольных пластов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 1. С. 42-48.
8. Гидроразрыв угольного пласта в шахтных условиях как панацея решения газовых проблем шахт (основы разработки и внедрения) / М.С. Плаксин [и др.]. // Уголь. 2015. № 2. С. 48-50.
9. Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю. Регламентирующие условия комбинированного способа разработки угольных месторождений Кузбасса // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2015. № 2. С. 49-53.
10. Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Разработка мощного крутонаклонного пласта с выпуском угля межслоевой пачки // Известия вузов. Горный журнал. 2015. № 2. С. 264-29.
11. Герике Б.Л., Герике П.Б., Клишин С.В., Филатов А.П. Моделирование разрушающего действия дискового инструмента проходческо-очистных комбайнов на породный массив // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2008. № 5. С. 81-88.
12. Антипов И.В., Стаднюк Е.Д., Козырь С.В. Взаимосвязь технологических операций в лаве с геомеханическими процессами в горном массиве // Донецк: УкрНИМИ НАН Украины. 2015. С. 9-21.
13. Zhou H., Liu H., Hu D., Yang F., Lu J., Zhang F. Estimation of the effective thermal properties of cracked rocks // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2016. Т.20. № 8. С. 954-970.
14. Reuter M., Krach M., Kießling U., Veksler Y. Zonal disintegration of rocks around breakage headings // Journal of Mining Science. 2015. Т. 51. № 2. С. 237-242.
15. Методические основы автоматизированной оценки распределения газового потенциала вмещающего массива / Е.Н. Козырева [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 3. С. 20-26.
16. Козырева Е.Н. Динамика метанообильности выемочных участков угольных шахт // Отдельный вып. ГИАБ. М.: Изд-во «Горная книга», 2013. № ОВ 6. С. 238-244.
17. Полевщиков Г.Я., Шинкевич М.В., Козырева Е.Н., Брюзгина О.В. Влияние процессов разгрузки и сдвижений вмещающих пород на выделение метана из разрабатываемого пласта // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 2. С. 139-143.
18. Шинкевич М.В., Леонтьева Е.В. Моделирование техногенной структуризации вмещающего массива горных пород при ведении очистных работ // Вестник КузГТУ. 2015. № 3. С. 23-31.
19. Шинкевич М.В. Газовыделение из отработываемого пласта с учётом геомеханических процессов во вмещающем массиве // Отдельный вып. ГИАБ. М.: Изд-во «Горная книга», 2013. № ОВ 6. С. 278-285.
20. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В. Особенности газогемеханических процессов на выемочном участке шахты // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2010. № 2. С. 28-35.

REFERENCES

1. Tailakov, O.V., Zastrelov, D.N., & Kormin, A.N. (2014). Sposob otsenki resursov metana ugolnykh plastov [Coal seam methane resources estimation method]. *Gorny informatsionno-analiticheskiy biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, (12), 1-12 [in Russian].
2. Tailakov, O.V., Kormin, A.N., Zastrelov, D.N., & Utkayev, E.A. Opredelenie gazonosnosti ugolnykh plastov na osnove issledovaniia protsessov filtratsii i diffuzii metana [Coal seam gas content determination based on methane filtration and diffusion study]. *Ugol – Coal*, (1), 74-77 [in Russian].
3. Klishin, V.I., & Klishin, S.V. (2010). Issledovanie protsessov vypuska uglia pri otrabotke moshchnykh pologikh i krutykh ugolnykh plastov [The coal output processes study during thick inclined and steep coal seams development]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh - Physical and technical problems of mining*, (2), 69-81 [in Russian].
4. Klishin, V.I., Shundulidi, I.A., Ermakov, A.Yu., & Soloviev, A.S. (2013). *Tekhnologiya razrabotki zapasov moshchnykh pologikh plastov s vypuskom uglia [Thick inclined seam reserves development technology with coal output]*. Novosibirsk: Nauka [in Russian].
5. Cherdantsev, N.V., Presler, V.T., & Izakson, V.Yu. (2010). Geomekhanicheskoe sostoianie anizotropnogo po prochnosti massiva gornykh porod v okrestnosti sopriagaiushchikhsia vyrabotok [Geomechanical state of rock massif anisotropic in strength, in the vicinity of adjacent openings]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh - Physical and technical problems of mining*, (2), 62-68 [in Russian].
6. Cherdantsev, N.V. (2016). Ustoichivost anizotropnogo massiva gornykh porod s sistemoi dvukh sparenykh vyrabotok kvadratnogo poperechnogo secheniia [Anisotropic rock massif stability with a system of two coupled square cross-section openings]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research*

- center for safety in coal industry, (3), 6-13 [in Russian].
7. Rodin, R.I., & Plaksin, M.S. (2016). Osobennosti povysheniia gazopronitsaemosti ugolnykh plastov [Features of increasing the coal seams gas permeability]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, (1), 42-48 [in Russian].
 8. Plaksin, M.S., Rodin, R.I., Ryabtsev, A.A. et al. (2015). Gidrorazryv ugolnogo plasta v shakhtnykh usloviyakh kak panatseia resheniia gazovykh problem shakht (osnovy razrabotki i vnedreniya) [Hydrofracture of a coal seam in mine conditions as a panacea for solving gas problems of mines (the basis for development and implementation)]. *Ugol – Coal*, (2), 48-50 [in Russian].
 9. Fedorin, V.A., Shakhmatov, V.Ya., & Mihailov, A.Yu. (2015). Reglamentiruiushchie usloviia kombinirovannogo sposoba razrabotki ugolnykh mestorozhdenii Kuzbassa [Regulatory conditions of the combined method of Kuzbass coal deposits development]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, (2), 49-53 [in Russian].
 10. Anferov, B.A., & Kuznetsova, L.V. (2015). Razrabotka moshchnogo krutonaklonnogo plasta s vypuskom uglia mezhsloevoi pachki [The development of a thick steep seam with the output of the interlayer bunch of seams coal]. *Izvestiia vuzov. Gorny Zhurnal – High School News. Mining Magazine*, 2, 264-29 [in Russian].
 11. Gerike, B.L., Gerike, P.B., Klishin, S.V., & Filatov, A.P. (2008). Modelirovanie razrushaiushchego deistviia diskovogo instrumenta prokhodchesko-ochistnykh kombinov na porodnyi massiv [Modeling of the heading-extracting combines disk tools destructive effect on the rock massif]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh – Mineral Resources Mining Physical and Technical Problems*, (5), 81-88 [in Russian].
 12. Antipov, I.V., Stadniuk, Ye.D., & Kozyr, S.V. (2015). Vzaimosvyaz tekhnologicheskikh operatsii v lave s geomekhanicheskimi protsessami v gornom massive [The interconnection of technological operations in longwall with geomechanical processes in the rock massif]. Donetsk: UkrNIMI NAN Ukraine [in Russian].
 13. Zhou, H., Liu, H., Hu, D., Yang, F., Lu, J., & Zhang, F. (2016). Estimation of the effective thermal properties of cracked rocks. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 20, (8), 954–970 [in English].
 14. Reuter, M., Krach, M., Kießling, U., & Veksler, Y. (2015). Zonal disintegration of rocks around breakage headings. *Journal of Mining Science*, 51, (2), 237–242 [in English].
 15. Kozyreva, Ye.N., Ryabtsev, A.A., Granicheva, O.V. et al. (2016). Metodicheskie osnovy avtomatizirovannoi otsenki raspredeleniia gazovogo potentsiala vmeshchaiushchego massiva [Methodical basis of the enclosing massif gas potential distribution automated estimation]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, (3), 20-26 [in Russian].
 16. Kozyreva, Ye.N. (2013). *Dinamika metanoobilnosti vyiemochnykh uchastkov ugolnykh shakht [Methane inflow dynamics of methaneobility of coal mine extraction sections]*. Moscow: Gornaya kniga [in Russian].
 17. Polevshchikov, G.Ya., Shinkevich, M.V., Kozyreva, Ye.N., & Briuzgina, O.V. (2008). Vliianie protsessov razgruzki i sdvizhenii vmeshchaiushchikh porod na vydelenie metana iz razrabatyvaiemogo plasta [Influence of bedding rocks unloading and shifting processes on methane emission from the developed seam]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, (2), 139-143 [in Russian].
 18. Shinkevich, M.V., & Leontieva, E.V. Modelirovanie tekhnogennoi strukturizatsii vmeshchaiushchego massiva gornykh porod pri vedenii ochistnykh rabot [Modeling of the bedding rock massif technogenic structuring at extraction operations]. *Vestnik KuzGTU - KuzGTU Herald*, (3), 23-31 [in Russian].
 19. Shinkevich, M.V. (2013). *Gazovydenie iz otrabatyvaiemogo plasta s uchiotom geomekhanicheskikh protsessov vo vmeshchaiushchem massive [Gas emission from the developed seam with the account of the bedding massif geomechanical processes]*. Moscow: Gornaya kniga [in Russian].
 20. Kozyreva, Ye.N., & Shinkevich, M.V. (2010). Osobennosti gazogeomekhanicheskikh protsessov na vyiemochnom uchastke Shakhty [Gas-geochemical processes' features at a mine extraction section]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, (2), 28-35 [in Russian].



■ Е.Н. Козырева // Ye.N. Kozyreva
gas_coal@icc.kemsc.ru

кандидат технических наук, заведующая лабораторией ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский пр., 10
candidate of technical sciences, laboratory head of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Leningradsky Avenue, Kemerovo, 650065, Russia

УДК 622.02.112+622.24

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ НА ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ OPPORTUNITIES TO INCREASE GAS EMISSION CONTROL EFFICIENCY AT THE EXTRACTION SECTION

Разработка угольных месторождений всегда сопровождается различными видами газопроявлений: от квазистатических (метанообильность угольных шахт и участков) до динамических (с повышенным газовыделением, вплоть до внезапных выбросов угля и газа). Точность прогноза параметров этих явлений зависит от степени изученности геомеханических и газокинетических процессов, происходящих в массиве в зонах интенсивных технологических возмущений. Уровень научных знаний о закономерностях динамики газовой выделении в этих условиях определяет уровень решения задачи по эффективному управлению газовой выделением. В статье показаны некоторые возможности решения этой задачи. На примере конкретного выемочного участка выявлены горно-геологические и горно-технологические особенности при отработке пологого угольного пласта длинными столбами по простиранию. Представлены результаты по уточнению проектных решений по повышению эффективности управления газовой выделением на выемочном участке. Предложена схема бурения встречных дегазационных скважин из горной выработки в пласты-спутники, рассчитаны протяженности скважин, углы заложения и периодичность бурения. Применение такой схемы позволяет уменьшить выделение газа из близлежащих подрабатываемых пластов в период их разгрузки от горного давления, что приводит к снижению притока метана непосредственно в зону аэрогазового обмена «забой – выработанное пространство».

The development of coal deposits is always accompanied by various types of gas manifestations: from quasi-static (methane-inflow of coal mines and sections) to dynamic (with increased gas emission, up to sudden outbursts of coal and gas). These phenomena parameters forecast accuracy depends on the study degree of geomechanical and gas-kinetic processes occurring in the massif intense technological disturbances zones.

The level of scientific knowledge about the regularities of gas emission dynamics in these conditions determines the gas emission effective control problem solution level. In the article some possible task solutions are shown. On the example of an exact extraction section geological and technological specific features of an inclined seam working with long pillars along the strike are revealed. The results are presented on the design decisions updating to improve the extraction section gas control efficiency.

A scheme is proposed for drilling the counter degassing boreholes from the mine opening to the adjacent seams, the lengths of the boreholes, the direction angles and the frequency of drilling are calculated. Usage of such a scheme will help to reduce gas emission from the adjacent underworked seams at the period of the rock pressure relief and that will cause methane inflow reduction into the very zone of air gas exchange “coal face – gob area”.

Ключевые слова: ПЛАСТ, ВЫЕМОЧНЫЙ УЧАСТОК, ВЫРАБОТАННОЕ ПРОСТРАНСТВО, МАССИВ, ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ, ДЕГАЗАЦИЯ

Key words: SEAM, EXTRACTION SECTION, GOB AREA, MASSIF, GEO-MECHANICAL PROCESSES, GAS EMISSION CONTROL, DEGASSING

Все угольные пласты содержат в себе газ, а их разработка сопровождается различными видами газопроявлений. Эффективное управление этими процессами на угольных шахтах остается сложной задачей, тем более на высокопроизводительных участках, оснащенных современными комплек-

сами для отработки высокогазоносных пластов. Разработка научных основ для решения этого круга задач успешно ведется в научных учреждениях в России и за рубежом [1 – 3]. В Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН разрабатываются научные основы безопасной и высокоэффективной угледобычи [4 – 9].

Исследования, результаты которых представлены в настоящей работе, проводились с целью уточнения проектных решений по повышению эффективности управления газовыделением на основе выявления горно-геологических и горно-технологических особенностей выемочного участка при отработке угольного пласта.

В качестве объекта исследования принят выемочный участок, обрабатывающий пласт 5 на Чертинском месторождении Кузбасса. Высокая газоносность угольных пластов на этом месторождении обусловила необходимость применения комплексной схемы управления газовыделением. Она включает проветривание выемочного участка за счет общешахтной депрессии, создание дополнительной депрессии от забоя к выработанному пространству с помощью всасывающей вентиляционной установки, соединенной с выработанным пространством через систему выработок, дегазацию разрабатываемого пласта параллельными забоями пластовыми скважинами и выработанного пространства скважинами, пробуренными с поверхности. Анализ итогов работы подобной схемы управления газовыделением при отработке лав-аналогов показал, что, несмотря на высокие значения дебита дегазационных скважин с поверхности до $100 \text{ м}^3/\text{мин}$, их влияние на метанообильность забоя было невелико. Процессы сдвигания горных пород при глубине горных работ $350\text{-}380 \text{ м}$, несомненно, охватывали основную часть зон работы скважин. Однако при этом скважины переходили в режим добычи метана из разгруженного от горного давления массива, слабо влияя на интенсивность газовых потоков непосредственно в зоне аэрогазового обмена «забой - выработанное пространство». Возникла необходимость поиска новых решений для снятия газовой нагрузки, а именно необходимость дополнений в схеме дегазации разрабатываемого массива – основного источника газовой выработки в выработанное пространство для рассматриваемого выемочного участка.

Для решения этой задачи применен ком-

плексный подход к прогнозу динамики метанообильности выемочного участка, разработанный в Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН. Комплексность подхода заключается в пространственном моделировании: 1) горно-геологических характеристик горного блока; 2) реализации газового потенциала массива в зонах интенсивных технологических возмущений на интервалах подвигания очистного забоя, дифференцируя газовыделение по источникам.

Рассматриваемый выемочный участок имеет следующие горно-технологические параметры. Длина выемочного столба – 950 м , длина лавы – 200 м . Глубина отработки – 300 м . Выемочный блок не ограничен ранее отработанными лавами (находится в целиках). Система разработки – длинные столбы по простиранию. Угол падения пласта по лаве – 14 град. , по простиранию – 2 град. Средняя мощность обрабатываемого пласта $1,9 \text{ м}$. Уголь хрупкий, трещиноватый, выход летучих $37,5 \%$. Пласт включает прослой алевролитов мелкозернистых от одного до трех, мощностью до $0,1 \text{ м}$. Основная кровля пласта трудноуправляемая – песчаник мелкозернистый крепостью $f = 6\text{-}8$, мощностью до 30 м . В непосредственной кровле залегают алевролиты мелкозернистые, крепостью $f = 3\text{-}4$, мощностью до $4,5 \text{ м}$. Также присутствует ложная кровля, мощность до $0,5 \text{ м}$, крепостью $f = 2\text{-}3$. Ложная почва – алевролиты слабые, крепостью $f = 1,3$, мощностью до $0,3 \text{ м}$. Почва представлена алевролитами плотными, склонна к пучению, крепостью $f = 4\text{-}5$, мощностью до $3,3 \text{ м}$. Ниже залегают породы, состоящие из переслаивания алевролитов и песчаников, крепостью $f = 4\text{-}6$, мощностью до 22 м . В зону подработки выемочного столба попадает пласт 4 и два пласта-спутника (вышележащий пласт 3 отработан).

По данным геологоразведочных скважин о стратиграфии массива и природной газоносности пластов выполнена оценка газовых потенциалов – потенциально возможных объемов выделения метана из основных источников: от-

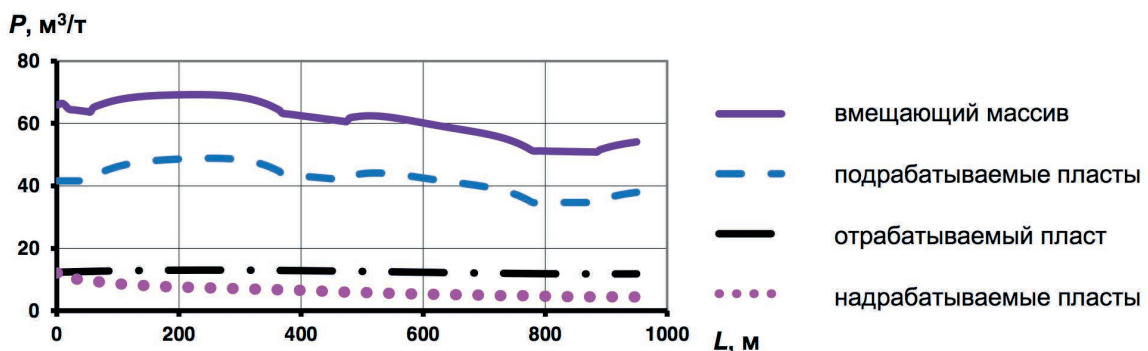


Рисунок 1 – Значения газовых потенциалов P по длине выемочного столба L
 Figure 1 - Values of gas potentials P along the length of the extraction pillar L

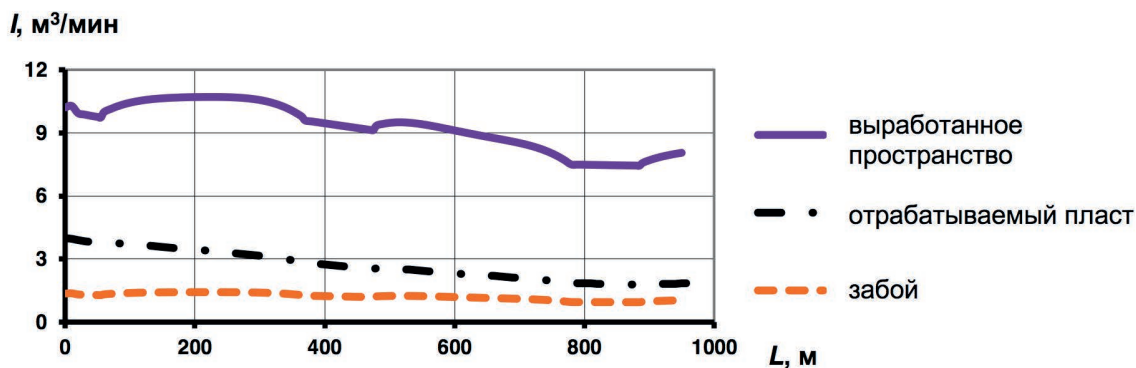


Рисунок 2 – Абсолютное метановыделение I на выемочном участке из основных источников
 Figure 2 - Absolute methane evolution of I at the excavation site from the main sources

рабатываемый пласт, подрабатываемый и надрабатываемый массивы. Газовые потенциалы рассчитываются в зависимости от природной газоносности пластов, их глубины залегания, мощности, зольности, влажности, выхода летучих веществ. Методические основы к оценке газовых потенциалов и алгоритм их расчетов изложены в работе [10]. Протяженность выемочного столба разбита на интервалы подвигания забоя и для каждого из них определены значения газовых потенциалов, приведенные к оси выемочного столба и рассчитанные на тонну добываемого угля (рис. 1).

Значения газовых потенциалов являются базовыми показателями для определения метанообильности горных выработок. Однако до расчетов метанообильности необходимо установить особенности геомеханических процессов во вмещающем массиве, попадающего в зону влияния выемочного участка.

Ранее установлено, что динамика метанообильности выемочного участка по длине столба связана с процессами сдвижения подрабатываемого массива [11 – 13]. Уточнено, что значения динамической составляющей метанообильности носят волнообразный характер с шагом, согласующимся с углами полных сдвижений. Доказано, что разгрузка массива от горного давления, провоцирующая сдвижения пород, инициирует газокинетические процессы в массиве над линией очистного забоя, а максимумы газопритока на выемочный участок соответствуют максимумам полуволн сдвижений [14, 15]. В то же время амплитуды и периоды ближайших к разрабатываемому пласту полуволн вполне удовлетворительно соответствуют общепринятым методам расчета шагов обрушения кровли [16].

Эти особенности наиболее ярко проявляются в метанообильности высокопроизводительных участков при высокой угленосности массива и высокой газоносности пластов, обрабатываемых длинными столбами. При среднесу-

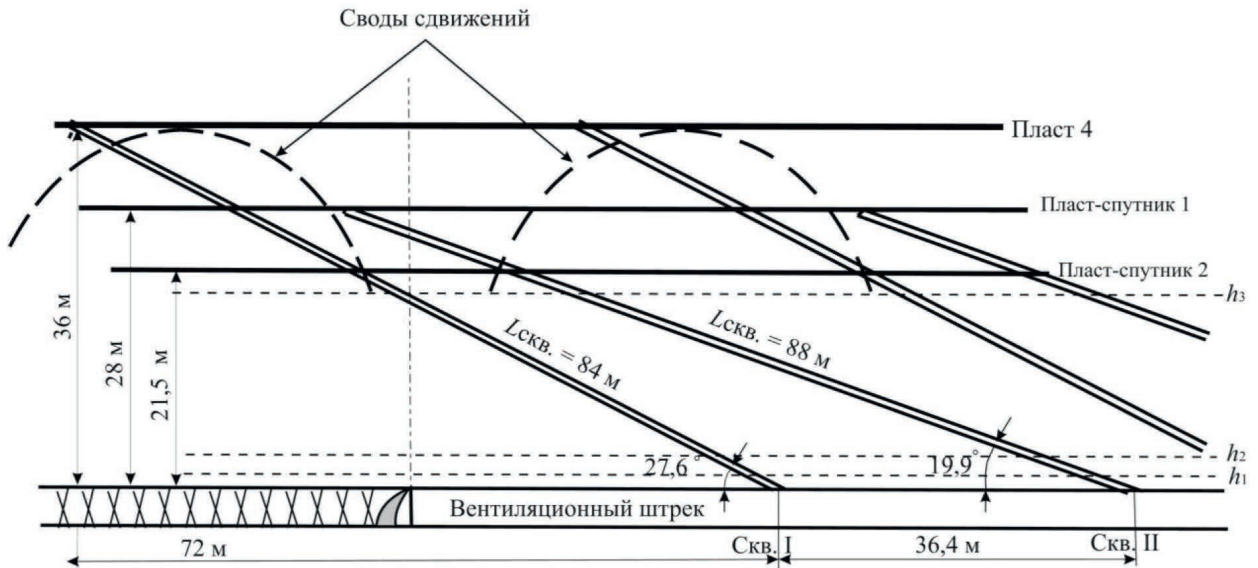
точной скорости подвигания забоя более 5 м/сут метанообильность приобретает явно выраженный динамический характер и при больших шагах обрушения основной кровли может достигать уровня внезапных выбросов газа в выработанное пространство из подрабатываемых пластов, залегающих на значительном удалении от разрабатываемого пласта.

Прогноз метановыделения на выемочном участке выполнен с учетом значений газовых потенциалов по источникам (рис. 1), расстояний между обрабатываемым и сближенными пластами, среднесуточной скорости подвигания забоя, времени транспортирования угля в пределах участка. Результаты расчета метановыделения на выемочном участке представлены на рисунке 2 при производительности очистного забоя – 4000 т/сут, количестве подаваемого воздуха – 1700 м³/мин и коэффициенте распределения воздуха – 0,35.

При заданных технологических параметрах выполнена проверка концентрации метана в контрольных точках: в конвейерном штреке (50 м от забоя) – 0,2 %; в очистном забое (20 м по вентиляционному штреку) – 0,65 %; в выработанном пространстве (на вентиляционной установке) – более 3,5 %.

По причине превышения допускаемых значений концентрации метана в выработанном пространстве предлагается дегазировать источник повышенного газовыделения – пласт 4 встречными скважинами, пробуренными из горной выработки (из вентиляционного штрека), так как реализованная в лавах-аналогах схема дегазации скважинами, пробуренными с поверхности, была направлена на добычу метана и в очень незначительной мере на снижение газопритока в призабойную часть выработанного пространства.

Результатами расчетов зон сдвижений горных пород, подрабатываемых лавой, установлено, что наиболее интенсивный источник



h_1 ; h_2 ; h_3 – зоны интенсивного, блочного и крупноблочного разрушения кровли, соответственно

Рисунок 3 – Схема бурения встречных скважин для дегазации подрабатываемого массива (по вентиляционному штреку, нормально залеганию пласта 5)

Figure 3 - Scheme of drilling of colliding wells for degassing of the underworked massif (along the ventilation drift, normal bedding 5)

газовыделения – пласт 4 (при мощности между-пластья около 36 м) залегает выше условной границы зоны крупноблочного обрушения h_3 на 17 м (рис. 3). В связи с этим сохраняется целостность пласта 4 на удалении от забоя около 100 м при резком росте газопроницаемости массива, вызываемом разгрузкой от горного давления за плоскостью забоя. По этой причине, для его дегазации можно принять шаг бурения встречных скважин, равный половине этого расстояния, то есть 50 м. В период подработки первой скважины перехват газовых потоков из пласта 4 к выработанному пространству может осуществляться через вторую скважину, пробуренную на пласты-спутники 1 и 2 (рис. 3 и 4).

Преимущества встречных скважин, параметры которых зависят от параметров процесса

разгрузки и сдвижений горных пород, по отношению к скважинам, пробуренным с поверхности, достаточно очевидны только при комбинированной схеме проветривания, когда основная часть метана выработанного пространства отводится всасывающим вентилятором и требуется лишь снизить газопиток в верхней трети лавы. Однако при возвратноточной схеме проветривания достигаемое снижение газопитока встречными скважинами малоэффективно.

Необходимо дополнительно подчеркнуть, что предлагаемая схема заложения встречных скважин ориентирована на дегазацию пласта-спутника в период от начала его разгрузки до интенсивного разрушения. В дальнейшем, скважина соединяется со свободным объемом выработанного пространства и начинает забирать

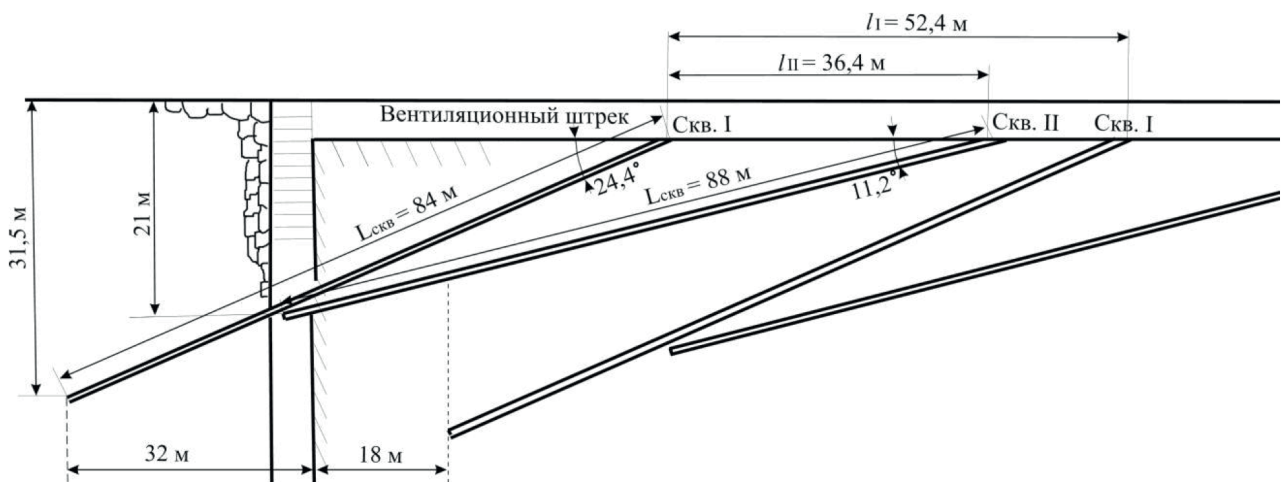


Рисунок 4 – Схема бурения встречных скважин для дегазации подрабатываемого массива (в плоскости пласта 5)

Figure 4 - Scheme of drilling of colliding wells for degassing of the work piece (in the plane of layer 5)

метановоздушную смесь. Эффект этого действия, в связи с относительно небольшой производительностью дегазационной системы по отношению к расходу воздуха через выработанное пространство, весьма ограничен. Однако при комбинированной схеме проветривания существует проблема верхнего кутка, остроту которой и снимают встречные скважины дегазации подрабатываемых пластов.

На основании полученных результатов уточнение проектных решений по повышению эффективности управления газовой выделением на выемочном участке заключается в предложенной схеме бурения из вентиляционного штрека встречных скважин с протяженностью, углами заложения и периодичностью бурения, указанных на рисунках 3 и 4. Предлагаемая схема дегазации ориентирована на снижение выделения газа из близлежащих подрабатываемых пластов в период их разгрузки от горного давления, что

снижает приток метана непосредственно в зону аэрогазового обмена «забой – выработанное пространство». Эта направленность соответствует и нормализации концентрации метана в верхнем кутке лавы, наиболее сложном участке при комбинированной схеме проветривания.

Таким образом, уточнения особенностей геомеханических процессов позволяют конкретизировать схемы и параметры заложения дегазационных скважин, ориентируя их на снижение газопритоков из пластов-спутников в зону аэрогазового обмена «забой – выработанное пространство» при комбинированной схеме. Дегазация же выработанного пространства в целом при нагнетательно-всасывающем проветривании выемочного участка (комплексная схема) целесообразна только в случаях высоких концентраций метана на выходе из выработанного пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. Под научной редакцией академика РАН К.Н. Трубецкого / К.Н. Трубецкой [и др.]. М.: Изд-во ИПКОН РАН, 2012. 205 с.
2. Качурин Н.М., В Клишин.И., Борщевич А.М., Качурин А.Н. Прогноз метановой опасности угольных шахт при интенсивной отработке угольных пластов. ТулГУ, 2013. 220 с.
3. Ройтер М., Крах М., Кислинг У., Векслер Ю. Комплексное управление лавой: производительность и безопасность // Горное оборудование и электромеханика. 2013. № 9. С. 2–5.
4. Tailakov O.V., Kormin A.N., Zastrellov D.N., Utkaev E.A., Sokolov S.V. Justification of a method for determination of gas content in coal seams to assess degasification efficiency // В сборнике: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety. 2016. С. 324–329.
5. Моделирование аэрогазодинамических процессов в вентиляционных сетях современных горнодобывающих предприятий / Д.Ю. Палеев [и др.]. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 2 (7). С. 224–230.
6. Черданцев Н.В. К проблеме оценки прочности породного слоя, расположенного в кровле горной выработки // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013. № 1.2. С. 38–44.
7. Клишин В.И., Опрук Г.Ю. Расчёт газовой выделений в очистной забой в системах разработки подэтажными штреками «крепь-штрек» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. 6 (4 квартал). С. 54–59.
8. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Киряева Т.А. Физико-химическая основа внезапности динамических газопровлений в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 8. С. 81–87.
9. Гидроразрыв угольного пласта в шахтных условиях как панацея решения газовых проблем шахт (основы разработки и внедрения) / М.С. Плаксин [и др.]. // Уголь. 2015. № 2. С. 48–50.
10. Методические основы автоматизированной оценки распределения газового потенциала вмещающего массива / Е.Н. Козырева [и др.]. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 3. С. 20–26.
11. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Назаров Н.Ю., Рудаков В.А., Потапов П.В. Пат. РФ 2211334. Способ прогноза газообильности выемочных участков угольных шахт. Заявитель и патентообладатель Институт угля и углехимии СО РАН. № 2001119034/03; заявл. 09.07.2001; опубл. 27.08.2003, бюллетень № 24.
12. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Писаренко М.В., Пестриков В.Г. Пат. РФ 2222698. Способ определения зон выхода газа на поверхность при подработке горного массива очистным забоем. Патентообладатель Институт угля и углехимии СО РАН. № 2002101195/03; заявл. 09.01.2002; опубл. 27.01.2004, бюллетень № 3.
13. Козырева Е.Н., Писаренко М.В. Уточнение прогноза метановыделения из вмещающих пород и пластов-спутников // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. № 9. С. 97–98.
14. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В., Родин Р.И. Газокинетические следствия нелинейных геомеханических процессов в массиве горных пород на шахтах Кузбасса // В Сборнике: нелинейные геомеханико-геодинамические процессы при отработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах. 2-я Российско-Китайская Научная Конференция. Ответственный редактор: д.ф.м.н. А.И. Чанышев, 2012. С. 267–272.
15. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В., Назаров Н.Ю. Некоторые особенности управления метанообильностью высокопроизводительного выемочного участка // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 9. С. 322–325.
16. Временное руководство по расчету первичного и последующего шагов обрушения пород кровли при разработке угольных пластов длинными столбами по простиранию в условиях Кузбасса. Кемерово: ВостНИИ, 1973. 12 с.

REFERENCES

1. Trubetskoi, K.N., Kaplunov, D.R., Rylnikova, M.V., Radchenko, D.N., Melnikov, N.N., Lukichev, S.V., et al. (2012). *Razvitie resursosberegaiushchikh i resursovoproizvodiaschikh geotekhnologii kompleksnogo osvoeniia mestorozhdenii poleznykh iskopaiemykh [Development of resource-saving and resource-recreating geotechnologies for the integrated development of mineral deposits]*. Moscow: IPKON RAS [in Russian].
2. Kachurin, N.M., Klislin, V.I., Borshchevich, A.M., & Kachurin, A.N. (2013). *Prognoz metanovoi opasnosti ugolnykh shakht pri intensivnoi obrabotke ugolnykh plastov [Coal mines methane hazard forecast with intensive mining of coal seams]*. TulGU [in Russian].
3. Roiter M., Krah, M., Kisling, U., & Veksler Yu. (2013). Kompleksnoe upravlenie lavoi: proizvoditel'nost i bezopasnost [Longwall complex control: productivity and safety]. *Gornoe oborudovanie i ehlektromekhanika - Mining equipment and electromechanics*, (9), 2-5 [in Russian].
4. Tailakov, O.V., Kormin, A.N., Zastrel'ov, D.N., Utkae'v, E.A., & Sokolov S.V. (2016). Justification of a method for determination of gas content in coal seams to assess degasification efficiency. *Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety* [in English].
5. Paleev, D.Yu., Aksenov, V.V., Lukashov, O.Yu., Vasenin, I.M., Krainov, A.Yu., & Shrager E.R. (2015). Modelirovanie aerogazodinamicheskikh protsessov v ventilacionnykh setiakh sovremennykh gornodobyvaiushchikh predpriatii [Modeling of aerogasdynamic processes in ventilation networks of modern mining enterprises]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, 2 (7), 224-230 [in Russian].
6. Cherdantsev, N.V. (2013). K problem otsenki prochnosti porodnogo sloia, raspolzhenno'go v krovle gorno'yi vyrabotki [To the mine opening roof rock layer strength evaluation]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, 2 (1), 38-44 [in Russian].
7. Klislin, V.I., & Opruk, G.Yu. (2012). Raschyot gazovydeleniya v ochildno'yi zabo'yi v sistemakh razrabotki podetazhnymi shtrekami «krep-shtrek» [Extraction face gas emission calculation with development system of sub-level galleries "support-gallery"]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Herald of Kuzbass State Technical University*, (6), 54-59 [in Russian].
8. Polevshchikov, G.Ya., Kozyreva, E.N., & Kiryaeva, T.A. (2004). Fiziko-khimicheskaya osnova vnezapnosti dinamicheskikh gazoproyavlenii v ugolnykh shakhtakh [Physico-chemical ground of dynamic gas manifestation suddenness in coal mines]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, (8), 81-87 [in Russian].
9. Plaksin, M.S., Rodin, R.I., Ryabtsev, A.A., Alkov, V.I., Leontieva, E.V., & Nepeina, Ye.S. (2015). Gidrorazryv ugolnogo plasta v shakhtnykh usloviyakh kak panatseia resheniia gazovykh problem shakht (osnovy razrabotki i vnedreniia) [Hydrolic fracturing of a coal seam in mine conditions as a panacea for solving gas problems of mines (the basis of development and implementation)]. *Ugol – Coal*, (2), 48-50 [in Russian].
10. Kozyreva, Ye.N., Ryabtsev, A.A., Granicheva, O.V., Plaksin, M.S., Leontieva, Ye.V., & Rodin, R.I. (2016). Metodicheskie osnovy avtomatizirovannoi otsenki raspredeleniia gazovogo potentsiala vmeshchaiushchego massiva [Methodical grounds of the enclosing massif gas potential distribution automated estimation]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Bulletin of research center for safety in coal industry*, (3), 20-26 [in Russian].
11. Polevshchikov, G.Ya., Kozyreva, Ye.N., Nazarov, N.Yu., Rudakov, V.A., & Potapov, P.V. *Pat. RF 2211334. Sposob prognoza gazoobilnosti vyemochnykh uchastkov ugolnykh shakht [Gas inflow forecasting method at coal mine extraction sections]*. Applicant and patent holder Institute of Coal and Coalchemistry RAS SB, No. 2001119034/03, published 27.08.2003 [in Russian].
12. Polevshchikov, G.Ya., Kozyreva, E.N., Pisarenko, M.V., & Pestrikov, V.G. *Pat. RF 2222698. Sposob opredeleniia zon vykhoda gaza na poverhnost pri podrabotke gornogo massiva ochildnym zabo'em [The surface gas emission zones locating method when undermining a rock massif with an extraction face]*. Patent holder Institute of Coal and Coalchemistry RAS SB, No. 2002101195/03, published 27.01.2004 [in Russian].
13. Kozyreva, Ye.N., & Pisarenko, M.V. (2002). Utochnenie prognoza metanovydeleniia iz vmeshchayushchikh porod i plastov-sputnikov [Bedding rock and adjacent seam methane emission forecast verification]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, (9), 97-98 [in Russian].
14. Kozyreva, Ye.N., Shinkevich, M.V., & Rodin, R.I. (2012). Gazokineticheskie sledstviia nelineinykh geomekhanicheskikh protsessov v massive gornykh porod na shahtakh Kuzbassa [Gas-kinetic consequences of nonlinear geomechanical processes in the Kuzbass mines rock massif]. *2d Russian-Chinese Scientific Conference*, 267-272 [in Russian].
15. Kozyreva, Ye.N., Shinkevich, M.V., Nazarov, N.Yu. Nekotoryie osobennosti upravleniia metanoobilnostiu vysokoproizvoditelnogo vyemochnogo uchastka [Some features of a high-performance extraction section methane inflow control]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, (9), 322-325 [in Russian].
16. *Vremennoe rukovodstvo po raschiotu pervichnogo i posleduiushchego shagov obrusheniia porod krovli pri razrabotke ugolnykh plastov dlinnymi stolbami po prostiraniyu v usloviyakh Kuzbassa. [Temporary guidance on the roof rocks primary and subsequent collapse steps calculation during the coal seams long pillars along the strike development process in the Kuzbass conditions]*. Kemerovo: VostNII (1973) [in Russian].



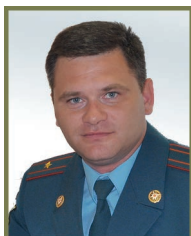
А.И. Фомин // A.I. Fomin
ncvostnii@yandex.ru

д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела АО «НЦ ВостНИИ», Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
doctor of technical sciences, department leading scientific researcher, JSC «ScC VostNII», 3, Institutskaja Street, Kemerovo, 650002, Russia



Д.А. Бесперстов // D.A. Besperstov
gpnbesperstov@yandex.ru

аспирант ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», Россия, 650056, г. Кемерово, ул. Институтская, 7
chief engineer of the project of NAO "NC BP", 7, Institutskaja Street, Kemerovo, 650056, Russia



С.Ю. Сайбель // S.Yu. Saibel
ssaibel@mail.ru

майор внутренней службы, начальник факультета заочного обучения института заочного обучения, переподготовки и повышения квалификации ФГБОУ ВО "Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий", Россия, 153040, г. Иваново, пр-кт Строителей, 33
distant education faculty head of distant education and refreshing training institute of Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», internal service major, 1, Stroitelej Avenue, Ivanovo, 153040, Russia

УДК 614.849

ПОЖАРНЫЕ РИСКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА

FIRE RISKS AND THEIR IMPACT ON THE RISK-ORIENTED APPROACH IN THE ORGANIZATION AND IMPLEMENTATION OF FEDERAL STATE FIRE SUPERVISION

Изложена суть пожарных рисков и риск-ориентированных подходов при организации и осуществлении надзорных мероприятий по выполнению требований в области пожарной безопасности. В соответствии с нормативно-правовыми актами Российской Федерации приведены критерии отнесения объектов защиты и периодичность проведения в отношении них плановых проверок органами федерального государственного пожарного надзора. Приведено влияние различных факторов на категорию риска. Определены мероприятия, направленные на снижение категории риска и как следствие на снижение административных барьеров при осуществлении деятельности юридических и физических лиц. Приведен анализ параметров, влияющих на величину пожарных рисков, а также на категорию риска объекта защиты. Вышеизложенное приведено в виде доступной схемы для лиц, не имеющих специальных знаний по выполнению требований пожарной безопасности. Определена актуальность разработки методики и критерий позволяющих снизить категории опасности объектов надзора в области пожарной безопасности, с учетом выполнения юридическими и физическими лицами ранее выданных предписаний. Т.е. методика, применение которой возможно будет при проведении внеплановых проверок органами федерального государственного пожарного надзора.

The essence of fire risks and risk-oriented approaches in the organization and implementation of supervisory measures to fulfill the requirements in the field of fire safety is described. In accordance with the regulatory legal acts of the Russian Federation, the criteria for the assignment of protection objects and the frequency of conducting scheduled inspections with respect to them by the bodies of the federal state fire supervision are given. The influence of various factors on the risk category is given. Measures aimed at reducing the risk category and, as a result, reducing administrative barriers to the activities of legal entities and individuals have been identified. The analysis of the parameters influencing the magnitude of fire risks, as well as the risk category of the protection object, is given.

The foregoing is provided in the form of an accessible scheme for persons who do not have special knowledge in meeting the requirements of fire safety. The urgency of developing a methodology and a criterion for reducing the hazard category of fire safety surveillance facilities is determined, taking into account the fulfillment by legal entities and individuals of previously issued regulations. That means: methodology, the application of which is possible when conducting unscheduled inspections by federal fire safety authorities.

Ключевые слова: ПОЖАРНЫЕ РИСКИ, РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД, НАДЗОРНАЯ

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ, ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА, ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ

Key words: FIRE RISKS, RISK ORIENTED APPROACH, SUPERVISORY ACTIVITY, FIRE SAFETY, STATIC AND DYNAMIC MODEL, HUMAN SAFETY, FIRE PROTECTION, FIRE SAFETY REQUIREMENTS, CONFORMITY ASSESSMENT

В целях ухода от избыточных административных барьеров на пути развития предпринимательской деятельности, установленных ранее государством в виде «тотальных» проверок надзорно-контрольными органами, в настоящее время федеральным законодательством Российской Федерации установлен принцип риск-ориентированного подхода при организации государственного контроля (надзора) [1].

Во исполнение данного законодательства, риск-ориентированный подход внедрен для трех видов государственных надзоров:

1. Федерального государственного пожарного надзора;
2. Федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора, осуществляемого Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и Федеральным медико-биологическим агентством;
3. Федерального государственного надзора в области связи [2].

Для каждого вида государственного надзора установлены свои критерии отнесения объекта к той или иной категории риска. Так положением о федеральном государственном пожарном надзоре установлены следующие критерии:

- функциональная пожарная опасность объекта защиты, приведенная в Техническом

регламенте о требованиях пожарной безопасности [3];

- количество пребывания людей на объекте;
- высота объекта;
- класс опасности опасных производственных объектов;
- категории по взрывопожарной и пожарной опасности зданий, сооружений и наружных установок.

Также при определении категории риска учтены критически важные объекты для национальной безопасности страны, особо опасные, технически сложные и уникальные объекты [4, 5].

Для каждой категории объекта защиты установлена своя периодичность проведения плановых проверок. При проведении плановых проверок контролируются все существующие требования, в области пожарной безопасности, предъявляемые к объекту надзора.

Для наглядности критерии отнесения объектов защиты и периодичность проведения в отношении них плановых проверок органами федерального государственного пожарного надзора приведена в таблице 1.

Вместе с этим, предусмотрена процедура повышения и понижения опасности категории риска. На понижение категории риска влияют следующие факторы:

Таблица 1. Критерии отнесения объектов защиты и периодичность проведения в отношении них плановых проверок органами федерального государственного пожарного надзора

Категории риска	Высокий	Значительный	Средний	Умеренный	Низкий
Периодичность плановых проверок	1 раз в 3 года	1 раз в 4 года	Не чаще 1 раза в 7 лет	Не чаще 1 раза в 10 лет	Не планируются
Объекты	объекты дошкольного и начального общего образования...	объекты, относящиеся к особо опасным, технически сложным и уникальным объектам в соответствии со статьей 48.1 Градостроительного кодекса Российской Федерации...	объекты, относящиеся по функциональной пожарной опасности к классу Ф1.3, высотой 28 метров и более...	объекты, относящиеся по функциональной пожарной опасности к классам Ф3.1, Ф3.2, Ф3.3, Ф3.4, Ф3.5 и Ф3.6, с возможным пребыванием на них менее 50 человек одновременно...	объекты, относящиеся по функциональной пожарной опасности к классу Ф1.4...

- создание подразделения пожарной охраны для защиты соответствующего объекта;

- наличие в структуре организации подразделения, занимающегося вопросами пожарной профилактики, с лицами имеющих специальное пожарно-техническое образование и стаж работы в системе государственного пожарного надзора или тушения пожаров не менее 5 лет. Лица данных подразделений разрабатывают соответствующие инструкции по поведению людей в случае возникновения пожаров, в соответствии с которыми проводят необходимые инструктажи. Разработка таких инструкций осуществляется как в России, так и в западных странах [6]. За рубежом также разрабатываются соответствующие программы в целях повышения пожарной безопасности объекта, уменьшения риска и числа пожаров, уменьшения гибели и травмирования людей путем их обучения [7].

- проведение пожарного аудита объекта защиты с выводом о соответствии его установленным требованиям;

- отсутствие нарушений в области пожарной безопасности при последней плановой проверке.

Также при отсутствии пожаров, за последние 5 лет, объекты защиты значительного риска, подлежат отнесению к категории среднего риска [2].

На повышение категории риска влияют факторы негативного воздействия на людей и имущество при возникновении пожара, такие как:

- проведение пожарного аудита с выводом о нарушении объектом установленных требований в области пожарной безопасности;

- наличие пожаров за последние 5 лет;

- наличие судебного решения о временном запрете деятельности за последние 3 года [2].

Приведенная методика основана на модели риск-ориентированного подхода предложенная профессором Лондонской школы экономики и политических наук Дж. Блэком. Данная модель различается двух видов – статическая и динамическая. При статическом подходе результаты проверок не учитываются при категорировании объектов. В свою очередь, при динамическом подходе, результаты проверок и другие факторы влияют на категорию объекта надзора и как следствие на интенсивность его проверки [8].

При проведении пожарного аудита определяется соответствие объекта защиты установленным требованиям в области пожарной безопасности, т.е. обеспечение безопасности людей

и имущества на них. Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности установлено, что на объекте защиты обеспечивается безопасность людей и имущества при выполнении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности;

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и нормативными документами по пожарной безопасности [2].

С учетом данных условий обеспечения пожарной безопасности на объекте, при невозможности выполнения всех требований в области пожарной безопасности или экономической нецелесообразности их реализации расчет пожарных рисков является единственным решением по оценке пожаробезопасности объекта.

При расчете пожарных рисков оценивается уровень обеспечения безопасности людей при пожарах. Он отвечает требуемому, если:

$$Q_g \leq Q_g^H, \quad (1)$$

где $Q_g^H = 10^{-6} 200^{-1}$ – допустимая вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год (нормативное значение индивидуального пожарного риска).

Расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_g в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_g = Q_n \cdot (1 - K_{ан}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_3) \cdot (1 - K_{н.з}), \quad (2)$$

где Q_n – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в справочнике. При отсутствии статистической информации допускается принимать $Q_n = 4 \cdot 10^{-2}$ для каждого здания;

$K_{ан}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее – АУТ) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра $K_{ан}$ принимается равным 0,9, если выполняется, хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудование здания системой АУП не требуется в соответствии с требованиями нор-

мативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях K_{an} принимается равной нулю.

P_{np} – вероятность присутствия людей в объекте защиты, определяемая из соотношения $P_{np} = t_{функц}/24$, где $t_{функц}$ – время нахождения людей в здании, в часах, $t_{функц} \leq 24$ ч. Для многофункциональных зданий, в которых находится более 50 человек можно предположить, что $P_{np} = 1$;

$P_э$ – вероятность эвакуации людей;

$K_{п.з}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Вероятность эвакуации $P_э$ из зданий (за исключением зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4), рассчитывают по формуле:

$$P_э = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases} \quad (3)$$

где t_p – расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{нэ}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу.

Зарубежом разрабатываются соответствующие руководства, которые являются помощью владельцам зданий и руководителям объектов по подготовке эффективных и документально подтвержденных планов пожарной безопасности влияющих на безопасность эвакуации людей [9]. В России выбор способа определения расчетного времени эвакуации производится с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей контингента (его однородности) людей, находящихся в нем.

При определении расчетного времени эвакуации учитываются принципы составления расчетной схемы эвакуации людей, параметры

движения людей различных групп мобильности, а также значения площадей горизонтальных проекций различных контингентов людей.

Время начала эвакуации $t_{нэ}$ определяется в соответствии со справочными данными.

Время блокирования путей эвакуации $t_{бл}$ вычисляется путем расчета времени достижения опасными факторами пожара предельно допустимых значений на эвакуационных путях в различные моменты времени.

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, $K_{п.з}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{п.з} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{соуз}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{поз}) \quad (4)$$

где $K_{обн}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{соуз}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{поз}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Порядок оценки параметров $K_{обн}$, $K_{соуз}$ и $K_{поз}$:

Значение параметра $K_{обн}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой пожарной сигнализации, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудования здания системой пожарной сигнализации не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{обн}$ принимается равным нулю.

Значение параметра $K_{соуз}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудование здания системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{соуз}$ принимается равной нулю.

Значение параметра $K_{ноз}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой противоподымной защиты, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;
- оборудования здания системой противоподымной защиты не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{ноз}$ принимается равным нулю.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_6 в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 рассчитывается по формуле:

$$Q_6 = Q_n \cdot [1 - (P_3 + (1 - P_3) \cdot P_{сн})] \quad (5)$$

где Q_n - частота возникновения пожара в здании в течение года определяется на основании статистических данных, приведенных в справочных данных;

P_3 - вероятность эвакуации людей;

$P_{сн}$ - вероятность спасения людей.

Вероятность эвакуации P_3 из зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 рассчитывают по формуле:

$$P_3 = \frac{N_{\Sigma} - N_{неэв}}{N_{\Sigma}} \cdot 0,999 \quad (6)$$

где N_{Σ} - общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии;

$N_{неэв}$ - количество не эвакуировавшихся людей. Определяется путем суммирования по всем участкам путей эвакуации людей, не успевших покинуть указанный участок до его блокирования опасными факторами пожара (для которых $t_p + t_{нз} > 0,8 \cdot t_{от}$), и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ($t_p > 6$ мин);

t_p - расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{нз}$ - время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{от}$ - время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{ск}$ - время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

Вероятность спасения $P_{сн}$ определяется по формуле:

$$P_{сн} = 1 - (1 - K_{н.з}) \cdot (1 - K_{ФПС}) \cdot (1 - K_{ф}) \cdot (1 - K_{эв}) \quad (7)$$

где $K_{н.з}$ - коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{ФПС}$ - коэффициент, учитывающий дислокацию подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов, принимается равным 0,95 в случае соответствия ее требованиям Технического регламента и нормативных документов по пожарной безопасности. В остальных случаях $K_{ФПС}$ принимается равной нулю.

$K_{ф}$ - коэффициент, учитывающий класс функциональной пожарной опасности здания. Значение параметра $K_{ф}$ принимается равным 0,75 в следующих случаях:

- для зданий класса Ф1.1 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к оснащению первичными средствами пожаротушения;

- для зданий класса Ф1.3 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к устройству аварийных выходов;

- для зданий класса Ф1.4 - во всех случаях; В остальных случаях для зданий классов Ф1.1, Ф1.3 $K_{ф}$ принимается равной нулю;

$K_{эв}$ - коэффициент, учитывающий соответствие путей эвакуации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Значение параметра $K_{эв}$ принимается равным 0,8 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к путям эвакуации.

В остальных случаях $K_{эв}$ принимается равной нулю.

Значение времени начала эвакуации $t_{нз}$ (с) для помещения очага пожара следует определять по формуле:

$$t_{нз} = 5 + 0,01 \cdot F \quad (9)$$

где F - площадь помещения, м^2 .

В случае если время начала эвакуации, рассчитанное по указанной формуле, превышает время начала эвакуации, определенное в справочных данных, время начала эвакуации из помещения очага пожара следует принимать по справочным данным.

Для остальных помещений значение времени начала эвакуации $t_{нз}$ следует определять по справочным данным [10].

Как мы видим, расчеты пожарных рисков проводятся для объектов защиты, за исключением зданий с детьми и маломобильных групп населения, а также жилых домов согласно при-

веденной методики определения расчетных величин индивидуального пожарного риска (Q_0), основанной на статистических данных возникновения пожара в здании в течение года (Q_n), соответствии систем противопожарной защиты ($K_{ан}$, $K_{нз}$), присутствии людей в здании ($P_{пр}$) и вероятности эвакуации людей в безопасную зону до наступления опасных факторов пожара (P_3). В свою очередь вероятность эвакуации людей зависит от расчетного времени их эвакуации (t_p), времени начала эвакуации ($t_{нз}$), времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара ($t_{0а}$), а также времени существования скопления людей на участках пути ($t_{ск}$).

Для зданий с детьми и маломобильных групп населения, а также многоквартирных и многоквартирных жилых домов вместе с вышеприведенными параметрами учитывается дислокация подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов ($K_{фнс}$), соблюдение требований нормативных документов по пожарной безопасности к оснащению здания первичными средствами пожаротушения и аварийным выходам ($K_{ф}$), а также соответствие требований к путям эвакуации ($K_{эв}$) [10].

В свою очередь на величину расчетного времени эвакуации (t_p) людей влияют следующие параметры:

l – длина путей эвакуации, м;

b – ширина путей эвакуации, м;

N – количество людей на первоначальных участках, чел.;

f – площадь горизонтальной проекции человека, $m^2/чел.$

На величину скопления людей на участках пути ($t_{ск}$) влияет следующее:

N – количество людей попавших в скопление, чел.;

f – площадь горизонтальной проекции людей, попавших в скопление, $m^2/чел.$

b_i+1 – ширина путей эвакуации на последующем участке, м;

q при $D=0,9$ – интенсивность движения людей при максимальной их плотности m^2/m^2 .

На значение наступления опасных факторов пожара на путях эвакуации ($t_{0а}$) влияет:

t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °C;

h – высота рабочей зоны, м;

Q_n – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг;

C_p – удельная изобарная теплоемкость газа, МДж/кг;

ϕ – коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,3);

η – коэффициент полноты горения;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, m^3 . Допускается принимать 80 % от геометрического объема;

α – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E – начальная освещенность, лк;

$l_{пр}$ – предельная дальность видимости в дыму, м;

D_m – дымообразующая способность горящего материала, $Hn \cdot m^2 / кг$;

L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;

X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, $кг \cdot m^{-3}$ ($X_{CO_2} = 0,11 \text{ кг} / m^3$; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / m^3$; $X_{HCL} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг} / m^3$);

L_{O_2} – удельный расход кислорода, кг/кг и т.д.

Вышеизложенный порядок расчета пожарных рисков и изменение категорий объектов по риск-ориентированному подходу представлен ниже на схеме (схема 1). Данная схема описывает влияние пожарных рисков на критерии отнесения объекта к соответствующей категории риска. Модель является динамической. Также на схеме приведено влияние различных параметров на расчетное значение пожарного риска.

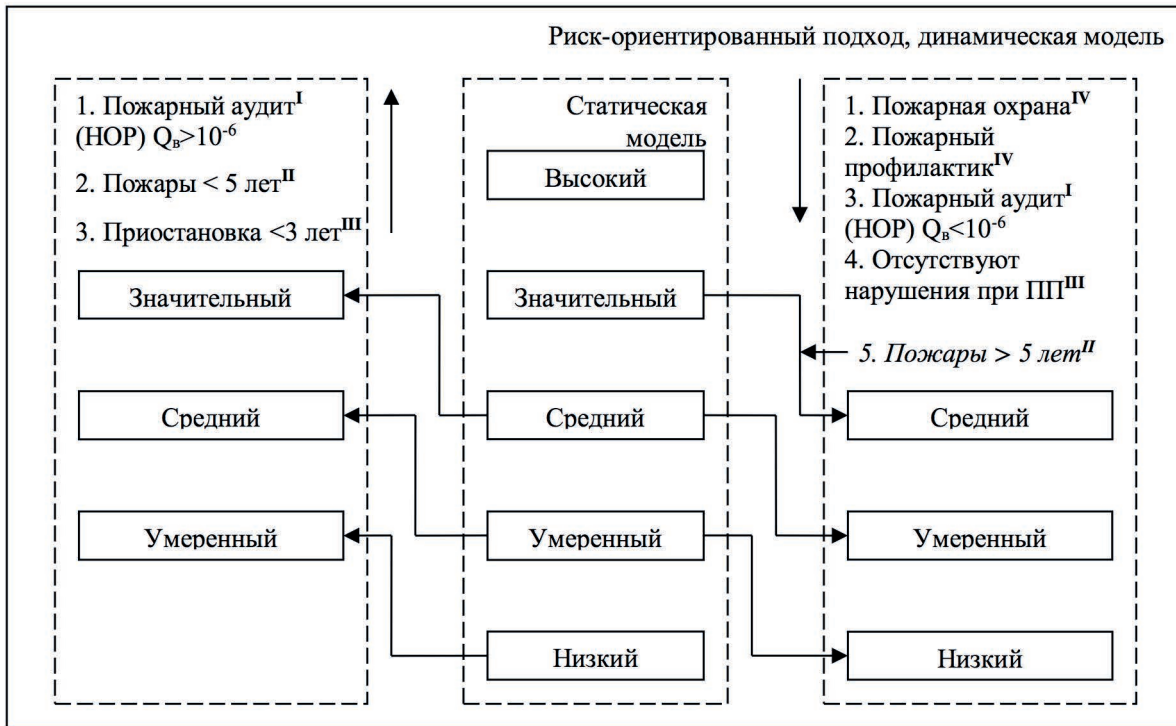
Как мы видим, пожарные риски в значительной мере влияют на изменение отнесения объекта защиты к той или иной категории риска. На рисунке 1 представлена схема влияния пожарных рисков и величин, исходя из которых они рассчитываются, на соответствующие критерии обозначены римскими цифрами – I, II, III, IV.

Также на величину пожарных рисков влияет множество параметров, которые необходимо учитывать при проведении их расчетов. Ряд параметров влияет не только на значение пожарных рисков, расчет которых проводится при пожарном аудите, но и на следующие условия изменения категории риска:

при повышении категории опасности:

- частота возникновения пожаров (Q_n);

- приостановка деятельности объекта защиты, из-за невыполнения требований в области пожарной безопасности (наличия нарушений) в части касающихся установки систем противопожарной защиты ($K_{ан}$, $K_{нз}$), оснащения здания первичными средствами пожаротушения и аварийными выходами ($K_{ф}$), а также соответ-



Пожарные риски

Ф 1.1, 1.3, 1.4

$$Q_b^I = Q_{II} \cdot [1 - (P_3 + (1 - P_3) \cdot P_{СП})]$$

$$P_3 = \frac{N_{\Sigma} - N_{неэв}}{N_{\Sigma}} \cdot 0,999$$

$t_p + t_{нз} > 0,8 \cdot t_{бл}$ и $t_p > 6$ мин

$$P_{СП} = 1 - (1 - K_{п.з}^{III}) \cdot (1 - K_{ФПС}^{IV}) \cdot (1 - K_{Ф}^{III}) \cdot (1 - K_{эв}^{III})$$

не Ф 1.1, 1.3, 1.4

$$Q_b^I = Q_{II} \cdot (1 - K_{ап}^{III}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_3) \cdot (1 - K_{п.з}^{III})$$

$$P_3 = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нз}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нз} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нз} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases}$$

$$P_{пр} = t_{функц} / 24$$

$Q_{II} = 4 \cdot 10^{-2}$ или по справочным данным; $K_{пз}^{III} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{соуэ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{пдз})$;

$$t_{нз} = 5 + 0,01 \cdot F; \quad t_{ск} = \frac{N \cdot f}{q_{прпD=0,9} \cdot b_{i+1}}$$

$t_{бл}$

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}$$

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L \cdot O_2}{V_{св}} + 0,27 \right) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}$$

$$t_{кр}^{п.э.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{св} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{I_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}$$

$$t_{кр}^{T,T} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{св} \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}$$

Рисунок 1 – Пожарные риски и их влияние на риск-ориентированный подход при организации и осуществлении федерального государственного пожарного надзора

Figure 1 - Fire risks and their impact on the risk-oriented approach in the organization and implementation of federal state fire supervision

ствии требований к путям эвакуации ($K_{эв}$).

при понижении категории опасности:

- наличие подразделений пожарной охраны ($K_{фмс}$);
- отсутствие нарушений в области пожарной безопасности при проведении органами государственного пожарного надзора последней плановой проверки, в части выполнения требований по размещению систем противопожарной защиты ($K_{ант}$, $K_{пз}$), оснащения здания первичными средствами пожаротушения и аварийными выходами ($K_{ф}$), а также выполнения требований к путям эвакуации ($K_{эв}$).

Применение динамической модели позволило уменьшить излишние административные барьеры на пути деятельности добросовестных организаций и их должностных лиц. В дальнейшем при модернизации риск-ориентированного подхода необходима разработка методик и критериев позволяющих снизить категории опасности объектов надзора в области пожарной безопасности, с учетом выполнения юридическими и физическими лицами ранее выданных предписаний по устранению выявленных нарушений государственными инспекторами по пожарному надзору.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: федер. закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ (ред. от 04.07.2016). Режим доступа: <http://base.garant.ru/12164247/#friends#ixzz4OGRcK7r6/> (дата обращения: 30.12.2016).
2. О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 N 806 (ред. от 26.08.2016). Режим доступа: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/869399/> (дата обращения: 30.12.2016).
3. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон РФ от 22.07.08г. (ред. от 23.06.2014) № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: федер. закон: [принят Гос. Думой 22.07.08 (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.07.2014)]. – М: Собрание законодательства РФ. 2008. N 30. Ч. 1. ст. 3579.
4. О федеральном государственном пожарном надзоре: Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 N 290 (ред. от 26.09.2016). Режим доступа: <http://base.garant.ru/70161266/#ixzz4OHNq9Reb/> (дата обращения: 30.12.2016).
5. Градостроительный кодекс РФ (ГрК РФ): федер. закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 19.12.2016). Режим доступа: <http://base.garant.ru/12138258/#ixzz4U0es3aKs> (дата обращения: 30.12.2016).
6. Fire Safety Reference Guide for Supervised Community Residences. Booklet 3: Fire Drills. Developed by the NYS Office of Mental Health. October 2015.
7. Fire safety manual. Environmental Health and Safety. Florida Atlantic University. May, 2013.
8. Black J. Risk-based regulation: choices, practices and lessons being learnt // Risk and regulatory policy. Improving the governance of risk. Paris: OECD Publishing, 2010.
9. Preparation guidelines for fire safety plans. Winnipeg fire paramedic service. Fire prevention branch. Nov. 2015.
10. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС России от 30.06.2009 N 382 (ред. от 02.12.2015). Режим доступа: <http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7> (дата обращения: 30.12.2016).

REFERENCES

1. O zashchite prav yuridicheskikh lic i individualnykh predprinimatelej pri osushchestvlenii gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) i municipalnogo kontrolya: feder. zakon ot 26.12.2008 № 294-FZ (red. ot 04.07.2016). [On the protection of legal entities and individual entrepreneurs rights in the exercise of state control (supervision) and municipal control: Federal Law of 26.12.2008 No. 294-FZ (as amended on 04.07.2016)]. *base.garant.ru*. Retrieved from: <http://base.garant.ru/12164247/#friends#ixzz4OGRcK7r6/> [in Russian].
2. O primenении risk-orientirovannogo podhoda pri organizacii otdelnykh vidov gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) i vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitelstva Rossijskoj Federatsii: Postanovlenie Pravitelstva RF ot 17.08.2016 N 806 (red. ot 26.08.2016). [On the application of the risk-oriented approach in the organization of certain types of state control (supervision) and amendments to certain acts of the Government of the Russian Federation: Resolution of the Government of the Russian Federation No. 806 of August 17, 1981 (as amended on August 26, 2016)]. *base.garant.ru*. Retrieved from: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/869399/> [in Russian].
3. Rossijskaya Federaciya. Zakony. Federal'nyj zakon RF ot 22.07.08g. (red. ot 23.06.2014) № 123-FZ «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti»: feder. zakon: [prinyat Gos. Dumoj 22.07.08 (s izm. i dop., vstup. v silu s 13.07.2014)]. [Russian Federation. Laws. Federal Law of the Russian Federation of 22.07.08. (As amended on 23.06.2014) No. 123-FZ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements": Federal Law: [adopted by the State Duma on July 22, 2008 (with amendments and additions, entered into force on July 13, 2014)]. Moscow: Russian Federation legislation Collection, 2008, No. 30 [in Russian].
4. O federalnom gosudarstvennom pozharom nadzore: Postanovlenie Pravitelstva RF ot 12.04.2012 N 290 (red. ot 26.09.2016). [On Federal State Fire Supervision: The Russian Federation Government Resolution of 12.04.2012 N 290 (as amended on 26.09.2016)]. *base.garant.ru* Retrieved from: <http://base.garant.ru/70161266/#ixzz4OHNq9Reb/> [in Russian].
5. Gradostroitelnyj kodeks RF (GrK RF): feder. zakon ot 29.12.2004 № 190-FZ (red. ot 19.12.2016). [Urban Development Code of the Russian Federation (GRK RF): Feder. Law of 29.12.2004 No. 190-FZ (as amended on December 19, 2016)]. *base.garant.ru* Retrieved from: <http://base.garant.ru/12138258/#ixzz4U0es3aKs> [in Russian].

6. NYS Office of Mental Health. (2015). *Fire Safety Reference Guide for Supervised Community Residences. Booklet 3: Fire Drills.*
7. Florida Atlantic University (2013). *Fire safety manual. Environmental Health and Safety*
8. Black J. (2010). *Risk-based regulation: choices, practices and lessons being learnt. Risk and regulatory policy. Improving the governance of risk.* Paris: OECD Publishing. [in English].
9. Winnipeg fire paramedic service. Fire prevention branch. (2015). *Preparation guidelines for fire safety plans.*
10. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyakh i stroeniyakh razlichnykh klassov funktsionalnoj pozharnoj opasnosti: Prikaz MCHS Rossii ot 30.06.2009 N 382 (red. ot 02.12.2015). [On the approval of the method for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire danger: Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia from 30.06.2009 N 382 (redaction from 02.12.2015)]. *base.garant.ru* Retrieved from: <http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7> [in Russian].

СПЕЦИАЛИСТАМИ ООО «ГОРНЫЙ-ЦОТ» РАЗРАБОТАН, ПРОШЕЛ ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ И ПОЛУЧИЛ СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА - СТАЦИОНАРНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ В ЗОНЕ ОТРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА — **GASOS.**

Газоанализатор позволяет производить одновременно до **6** измерений различных газов, а также температуры, относительной влажности и абсолютного давления одним блоком диффузионным методом без пробоотборного насоса.





Непубличное акционерное общество «Научный центр промышленной безопасности»

государственно-частное партнерство

НАО «НЦ ПБ»

650002, г Кемерово, Сосновый бульвар, 1.

Генеральный директор

Ахлестин Николай Николаевич

Моб. 8-961-708-74-50

Тел./факс: (3842) 77-86-63

e-mail: a9617087450@gmail.com

Директор по

проектированию

Артюшин Игорь Александрович

Тел. (384-2) 77-86-57

Моб. 8-923-611-27-41

НАО «НЦ ПБ»

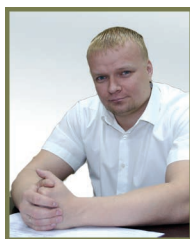
научный центр, основанный на государственно-частном партнерстве, сферой деятельности которого является обеспечение **комплексного решения вопросов** в области промышленной безопасности и охраны труда в горной и других отраслях промышленности.



Кемерово

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ

III. TECHNOLOGICAL QUESTIONS OF MINING WORK SAFETY



А.С. Ярош // A.S. Yarosh
info@rosniigd.ru

кандидат технических наук, генеральный директор АО «НИИ ГД», Россия, 650002, г. Кемерово, пр-т Шахтеров, 14
candidate of technical sciences, general director of JSC "Scientific Research Institute of Mine Rescue", 14, Shahterov Avenue, Kemerovo, 650002, Russia



В.И. Бунин // V.I. Bunin
bunin0928@yandex.ru

доктор технических наук, главный научный сотрудник, АО «НИИ ГД», Россия, 650002, г. Кемерово, пр-т Шахтеров, 14
doctor of technical sciences, chief researcher of JSC "Scientific Research Institute of Mine Rescue", 14, Shahterov Avenue, Kemerovo, 650002, Russia



Ю.В. Малахов // Yu.V. Malakhov
yv.malakhov@mail.ru

заместитель генерального директора АО «НИИ ГД», Россия, 650002, г. Кемерово, пр-т Шахтеров, 14
deputy general director of JSC "Scientific Research Institute of Mine Rescue", 14, Shahterov Avenue, Kemerovo, 650002, Russia



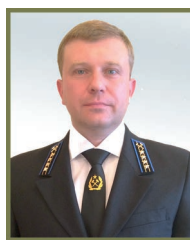
В.Б. Попов // V.B. Popov
info@rosniigd.ru

доктор технических наук, руководитель лаборатории горноспасательного дела АО «НИИ ГД», Россия, 650002, г. Кемерово, пр-т Шахтеров, 14
doctor of technical sciences, head of the mine rescue laboratory of JSC "Scientific Research Institute of Mine Rescue", 14, Shahterov Avenue, Kemerovo, 650002, Russia



А.С. Голик // A.S. Golik
info@rosniigd.ru

доктор технических наук, зам. руководителя лаборатории горноспасательного дела АО «НИИ ГД», Россия, 650002, г. Кемерово, пр-т Шахтеров, 14
doctor of technical sciences, deputy head of the mine rescue laboratory of JSC "Scientific Research Institute of Mine Rescue", 14, Shahterov Avenue, Kemerovo, 650002, Russia



А.А. Черепов // A.A. Cherepov
tcherepov.andrei@yandex.ru

технический директор ООО «РУК», Россия, 654027, г. Новокузнецк, пр-кт Курако, 33
technical director of Ltd. "Raspadskaya Coal Company", 33, Kurako Avenue, Novokuznetsk, 654027, Russia

УДК 622.411.33

ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА, С ЭЛЕМЕНТАМИ РОБОТИЗАЦИИ, ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТ И РУДНИКОВ

RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF A MOBILE MULTIFUNCTIONAL MINE RESCUE COMPLEX, WITH ELEMENTS OF ROBOTICS, FOR THE ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF ACCIDENTS IN MINE WORKINGS

В статье дан краткий обзор аварий на шахтах Кузбасса за последние 16 лет, связанных с обрушениями и завалами выработок. Описано современное состояние выполнения производства спасательных работ при обрушениях и завалах. Научный поиск в области горноспасательного дела, в частности наличие эффективных средств механизации для ликвидации завалов на зарубежных угольных шахтах, не дал положительных результатов, кроме сведений, что в данном случае применяются легкие переносные механизмы с ручным приводом. Изложена концепция создания мобильного многофункционального оборудования (устройства) для механизации разборки и ликвидации завалов. Сформулированы требования к созданию мобильного многофункционального оборудования. Предложено устройство (горноспасательный комплекс), которое может быть основой для разработки новых средств механизации горноспасательных работ при ликвидации завалов. Отмечено, что создание комплекса позволит: сократить время на поиск и освобождение

людей из завала, оказать им первую медицинскую помощь и обеспечить выход людей из-за завала; обеспечить безопасность проведения горноспасательных работ и сохранность жизни и здоровья горноспасателей; сократить или полностью исключить тяжелый ручной труд; в короткие сроки ликвидировать завалы и обрушения с целью восстановления жизнеобеспечения предприятия; повысить престижность профессии горноспасателя; - снизить социальную напряженность при аварийных ситуациях. Определено наименование новой разработки «Создание мобильного многофункционального горноспасательного комплекса с элементами роботизации (ММГСК)». Представлено мнение о возможном исполнителе по созданию данной инновационной работы.

The article provides an overview of accidents in the Kuzbass mines in the last 16 years related to the collapse of the rubble and excavations. A modern state of the performance of rescue operations in case of caving and blockages is described. Scientific research in the field of mine rescue work, in particular the availability of effective means of mechanization to eliminate blockages in overseas coal mines, has not given positive results, except for information that in this case, the light, portable machines with manual drive. The concept of creating a mobile multifunctional equipment (device) for mechanization of disassembly and elimination of blockages is outlined. The requirements for the creation of mobile multifunctional equipment are formulated. A device (mine-rescue complex) is proposed, which can be the basis for the development of new means of mechanization of mine rescue work in the event of the elimination of debris. It is noted that the creation of the complex will allow: to shorten the time for the search and release of people from the dam, to provide them with the first medical aid and to ensure people's escape from the obstruction; ensure the safety of mine rescue work and the safety of life and health of mine rescuers; reduce or completely eliminate heavy manual labor; in a short time to eliminate blockages and caving in order to restore the life support of the enterprise; increase the prestige of the profession of a mine rescuer, - reduce social tension in emergency situations. The name of the new development "Creation of a mobile multifunctional mine rescue complex with robotic elements (MMGSK)" is defined. An opinion on a possible performer on the creation of this innovative work is presented.

Ключевые слова: РАЗБОР ЗАВАЛОВ, ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ, ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ, ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ, ШАГАЮЩАЯ КРЕПЬ, МОБИЛЬНЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС С ЭЛЕМЕНТАМИ РОБОТИЗАЦИИ (ММГСК)

Key words: DISASSEMBLE OF BLOCKAGES, LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF THE ACCIDENT, EFFECTIVE MEANS OF MECHANIZATION, REMOTE CONTROL; MOUNTAIN WORKINGS, AUTOMATED CONTROL SYSTEM, STEPPING SUPPORT, MOBILE MULTIFUNCTIONAL MINE RESCUE COMPLEX WITH ROBOTIC ELEMENTS (MMGSK)

Угольная и горнорудная промышленность одна из наиболее, если не самая трудоопасная. Взрывы метана и угольной пыли, подземные пожары, обрушения, завалы в большинстве случаев приводят к трагическим последствиям с гибелью людей, в том числе горноспасателей, а также к большим материальным потерям, вплоть до закрытия шахт. За период с 2000 года, то есть за 16 лет, на 10 шахтах Кузбасса произошли крупные аварии, связанные с взрывами метана и угольной пыли, которые сопровождались широкомасштабными обрушениями и завалами [1].

На шахте «Распадская» при аварии обрушениями было охвачено более 300 км выработок. Затраты на ликвидацию аварии и восстановление шахты составили около 10 млрд. руб. [2].

Подобные аварии по разрушительным последствиям произошли на шахтах «Ульяновская», «Юбилейная», «Есаульская», «Тайжина» [1].

Обстановка, которая возникла на шахтах

Кузбасса в последнее время, в связи с авариями привлекла повышенное внимание как федеральных, так и региональных властей.

Завалы представляют собой горную массу с включением искореженной металлической крепи, труб, рельсов, кабелей и других материалов. Колоссальный объем ручного труда, который затрачен на ликвидацию завалов, и риски, которым при этом подвергаются горноспасатели, происходят по причине полного отсутствия средств механизации для производства этих работ. Когда горноспасатель спускается в шахту для борьбы со стихией и спасения людей, в его распоряжении находятся только респиратор, лопата, лом и кайло, в лучшем случае гидравлические кусачки и резачки с ручным приводом. Если на поверхности возникают аварийные ситуации, связанные с обрушением зданий и сооружений и возникновением завалов, то в этих случаях может прибыть любое количество разнообразной легкой и тяжелой техники, которая необходима для максимально быстрого спасения людей

и ликвидации аварий. В то же время разборка подобных завалов в шахтах проводится горноспасателями в настоящее время вручную и представляет весьма длительный, трудоемкий и травмоопасный процесс. Между тем, «главным условием обнаружения максимального количества еще не погибших после взрыва в шахте тяжелопораженных, является такая организация их поиска, при которой на обнаружение всех находящихся под землей уйдет не более трех часов» [3].

Научный поиск в области горноспасательного дела, в частности наличие эффективных средств механизации для ликвидации завалов на зарубежных угольных шахтах, не дал положительных результатов, кроме сведений, что в данном случае применяются легкие переносные механизмы с ручным приводом. Эту парадоксальную ситуацию и огромную диспропорцию между объемами горноспасательных работ по разборке и ликвидации завалов в шахте, уровнем механизации этих работ и уровнем механизации спасательных работ на поверхности недопустимо сохранять в нынешнем состоянии.

На многих угольных предприятиях Кузбасса современное оборудование для горнопроходческих и выемочных работ, средства для транспортировки материалов горно-шахтного оборудования и полезного ископаемого по подземным выработкам шахт и рудников, системы контроля за состоянием газовой среды, за работой вентиляторов и за вентиляцией всей шахты оснащены современным оборудованием, передовой техникой высокого технического уровня. Новые разработки в научно-исследовательских институтах ведутся с прицелом на безлюдную выемку угля, руды роботизированными системами с дистанционным автоматизированным управлением. Многие новые разработки российских институтов и университетов по механизации и автоматизации производственных процессов, а также унифицированные агрегаты, стандартные детали и узлы российского производства могут быть эффективно использованы при создании инновационного оборудования (устройства) для спасательных работ при подземных авариях. К этому можно также отнести роботизированную шагающую крепь с автоматизированной системой управления (АСУ), которая может быть применена как элемент защиты горноспасателей от падения кусков породы (от травматизма) в создаваемом оборудовании [4,5,8].

Проблемы механизации горноспасательных работ, в частности для разборки завалов,

необходимо решать кардинально на самом современном научно-техническом уровне в кратчайшие сроки. Эта проблема является весьма актуальной. Огромный опыт, накопленный горноспасательными службами и горняками по разборке, ликвидации завалов в подземных условиях шахт и рудников, позволяет сформулировать основные требования к созданию высокоэффективного горноспасательного оборудования (устройства). А именно оно должно:

1. Обеспечивать комплексную механизацию производства всех работ по разборке завалов, вплоть до их ликвидации в максимально короткие сроки.

2. Быть многофункциональным для выполнения всех операций, связанных с селективной разборкой завала.

3. Быть выполнено на принципе агрегатирования унифицированных узлов и механизмов.

4. Быть выполнено из отдельных модулей, каждый из которых должен иметь ходовое устройство, при этом один из модулей должен быть самоходным (тяговым), а также должны иметь быстроразъемные соединения и сцепки между отдельными модулями, определенное функциональное назначение, определенные габариты для возможности транспортировки в автотранспорте, клетях по вертикальным стволам и наклонным горизонтальным выработкам, а также модуль, обеспечивающий операции по разборке завалов должен быть роботизированным.

5. В целом работа всего оборудования (устройства) должна производиться автономно.

6. Управление оборудованием должно производиться на первом этапе с переносного пульта управления; на втором этапе – дистанционно с автоматизированной системой и с элементами роботизации отдельных модулей.

7. Должно быть мобильным и иметь монтажные отверстия и петли для быстрой погрузки, разгрузки автокранами.

8. Обеспечивать дробление больших кусков породы, выгрузку и транспортировку горной массы из зоны обрушения, рубку и резку металлокрепей, рельсов, кабеля и других материалов и оборудования, удаление отдельных элементов из завала.

9. Обеспечить работу всех модулей в средах опасных по газу и пыли.

10. Иметь средства и способы обнаружения людей, оказавшихся в зоне завала, их извлечение и оказание первой медицинской помощи.

11. Иметь возможность его использования при проведении специальных и поисковых

выработок по углю и породе, в том числе проведение спасательных выработок по обрушенным породам, при восстановительных работах после аварии, а также на поверхности при разборке обрушенных зданий и сооружений после аварий и катастроф [9].

12. Быть выполнено на высоком современном научно-техническом уровне высокоразвитых зарубежных стран.

Перечисленным требованиям в большей степени отвечает «Устройство для ликвидации завалов в шахте при спасении людей, застигнутых аварией», защищенном в Федеральной службе по интеллектуальной собственности патентом на полезную модель. В дальнейшем в описании патента устройство получило наименование

«Горноспасательный комплекс» (ГСК), который не имеет аналогов в мировой практике горного машиностроения [6].

ГСК включает в себя погрузочное, крановое, вспомогательное и силовое оборудование, выполненное в виде отдельных функционально - транспортных блоков, каждый из которых имеет ходовое устройство и транспортные габариты, не превышающие по длине 4000 мм, по ширине 1400 мм, по высоте 1700 мм. Для передвижения этого комплекса должно быть разработано устройство, имеющее колесно – рельсовый и гусеничный ход. Поэтому ГСК может быть принят за основу для разработки новационного спасательного оборудования.

Исходя из выше изложенного и из того, что наиболее востребованные на современном этапе развития спасательных технологий МЧС России являются дистанционно – управляемые робототехнические средства [7], обеспечивающие безлюдную работу механизмов в зоне обрушений, а также учитывая современные требования

по безопасности к ведению горноспасательных работ и тенденцию развития горной техники перед наукой и производством, должна быть поставлена задача создать мобильный многофункциональный горноспасательный комплекс (ММГСК) с дистанционным и автоматизированным управлением, с элементами роботизации отдельных функциональных модулей.

Создание такого комплекса позволит:

- сократить время на поиск и освобождение людей из завала, оказать им первую медицинскую помощь и обеспечить выход людей из-за завала;

- обеспечить безопасность проведения горноспасательных работ и сохранность жизни и здоровья горноспасателей;

- сократить или полностью исключить тяжелый ручной труд;

- в короткие сроки ликвидировать завалы и обрушения с целью восстановления жизнеобеспечения предприятия;

- повысить престижность профессии горноспасателя;

- снизить социальную напряженность при аварийных ситуациях.

Наиболее к решению описанной проблемы приблизился АО «Научный исследовательский институт горноспасательного дела» (АО «НИИГД»), который имеет соответствующие наработки и высококвалифицированный кадровый состав, обладающий большим опытом научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по горноспасательной тематике.

В настоящее время институт готов приступить к разработке технического задания и принять участие в конкурсе на создание горноспасательного комплекса для разборки завалов, который может быть объявлен техническим руководством МЧС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

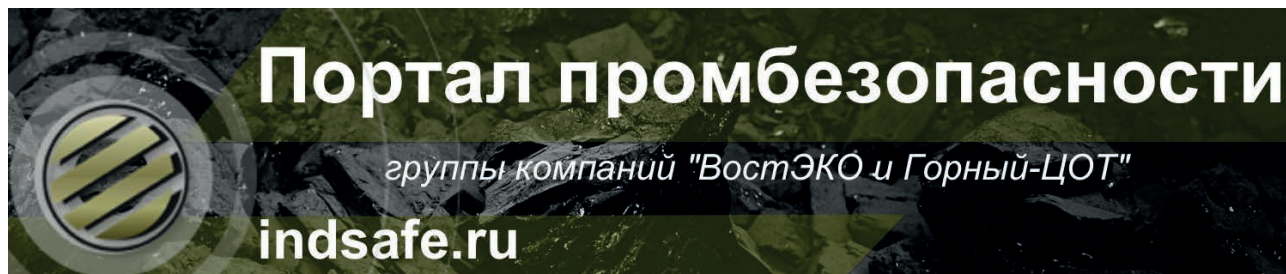
1. 10 крупнейших аварий на угольных шахтах России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pikabu.ru/story/10_krupneyshikh_avariy_na_ugolnykh_shakhtakh_rossii_4124534, свободный. – Загл. с экрана.
2. В.В.Путин: на восстановление "Распадской" потребуется около 10 миллиардов рублей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.interfax.ru/russia/142595>, свободный.
3. Организация ликвидации медицинских последствий взрывов в шахтах с целью сокращения количества жертв. Кемеровский областной центр медицины катастроф [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://pandia.ru/77/469/8096.php>, свободный.
4. Пат. RU 1604472 U1 Российская Федерация. Крепь для отработки мощных крутых платов угля подэтажной выемкой [Текст]. / Клишин В.И., Кокоулин Д.И. - зарегистрировано 24.11.2015
5. Малахов, Ю. В. Стандартизация как инструмент развития технологий и инноваций в ТЭК. – Инновации в Топливо-энергетическом комплексе и машиностроении / Ю. В. Малахов. // Сборник трудов. Международной научно-практической конференции. 18-21 апреля 2017г. – 2017. – . – С. 62-68.
6. Пат. RU 112270 U1 Российская федерация. Устройство для ликвидации завалов в шахте при спасении людей, застигнутых аварией [Текст] /Бунин В.И.- зарегистрировано 16.05.2011
7. Симанов, С. Е. Стандартизация и унификация в области экстремальной робототехники (пути и решения на примере МЧС России) / С. Е. Симанов. и др. // Робототехника и техническая кибернетика. – 2015. – 1(6). – С.

3-5.

8. Никитенко, М. С. Роботизированный комплекс по обработке мощных крутонаклонных пластов угля и рудных месторождений / М. С. Никитенко, Ю. В. Малахов, С. М. Никитенко. // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2017. – 3. – С. 249-251.
9. Устав ВГСЧ по организации и ведению горно-спасательных работ. Ликвидация последствий обрушений в горных выработках М. : Недра, 1986. – 61-63 с.

REFERENCES

1. 10 krupneyshikh avariya na ugol'nykh shakhtakh Rossii [10 Major Accidents at Coal Mines in Russia]. (2016). pikabu.ru. Retrieved 20 September 2016, from https://pikabu.ru/story/10_krupneyshikh_aviariy_na_ugolnykh_shakhtakh_rossii_4124534 [In Russian]
2. V.V.Putin: na vosstanovleniye "Raspadskoy" potrebuyetsya okolo 10 milliardov rubley [Vladimir Putin: the restoration of Rospadskaya will require about 10 billion rubles]. (2010). Interfax.ru. Retrieved 24 June 2010, from <http://www.interfax.ru/russia/142595> [In Russian]
3. Organizatsiya likvidatsii meditsinskih posledstviy vzryvov v shakhtakh s tsel'yu sokrashcheniya kolichestva zhertv. Kemerovskiy oblastnoy tsentr meditsiny katastrof [Organization of elimination of medical consequences of explosions in mines in order to reduce the number of victims. Kemerovo Regional Center of Disaster Medicine]. (2003). Retrieved 20 September 2017, from <http://pandia.ru/77/469/8096.php> [In Russian].
4. Klishin, V., & Kokoulin, D. (2015). *Krep' dlya obrabotki moshchnykh krutykh plavov uglya podetazhnoy vvyemkoy* [Strength for working out powerful steep coal plates with a subterranean notch]. RU 1604472 U1. [In Russian]
5. Malakhov, Y. (2017). Standartizatsiya kak instrument razvitiya tekhnologii i innovatsiy v TEK. – Innovatsii v Toplivno-energeticheskom komplekse i mashinostroyenii [Standardization as a tool for the development of technologies and innovations in the fuel and energy sector. - Innovations in the Fuel and Energy Complex and Mechanical Engineering]. *Sbornik Trudov. Mezhdunarodnoy Nauchno Prakticheskoy Konferentsii. 18-21 Aprelya 2017 - Collected Works. International Scientific And Practical Conference. 18-21 April 2017*, 62-68. [In Russian].
6. Bunin, V. (2011). *Ustroystvo dlya likvidatsii zavalov v shakhte pri spasenii lyudey, zastignutykh aviariyey* [Device for the elimination of blockages in the mine to save people caught by an accident]. RU 112270 U1. [In Russian].
7. Simanov, S., & et al. (2015). Standartizatsiya i unifikatsiya v oblasti ekstremal'noy robototekhniki (puti i resheniya na primere MCHS Rossii) [Standardization and Unification in the Field of Extreme Robotics (Ways and Solutions by the EMERCOM of Russia)]. *Robototekhnika I Tekhnicheskaya Kibernetika - Robotics And Technical Cybernetics*, 1(6), 3-5. [In Russian].
8. Nikitenko, M., Malakhov, Yu., & Nikitenko, S. (2017). Robotizirovanny kompleks po obrabotke moshchnykh krutonaklonnykh plavov uglya i rudnykh mestorozhdeniy [Robotic complex for the development of powerful, steeply-inclined coal seams and ore deposits]. *Naukovomye Tekhnologii Razrabotki I Ispol'zovaniya Mineral'nykh Resursov - High Technology Of Development And Use Of Mineral Resources*, (3), 249-251. [In Russian].
9. *Ustav VGSCH po organizatsii i vedeniyu gorno-spatatel'nykh rabot. Likvidatsiya posledstviy obrusheniy v gornykh vyrobotkakh* [The Charter of VGSCH for the organization and conduct of mining and rescue operations. Elimination of the consequences of caving in mine workings]. (1986) (pp. 61-63). Moscow: Nedra. [In Russian]





А.В. Хромов // A.V. Khromov
arkadiy18@ya.ru

канд. техн. наук, директор центра фарм-синтеза и биотехнологии ЦКП (НОЦ) РУДН, Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2
candidate of technical sciences, director of the Center for Pharmaceutical Synthesis and Biotechnology CKP (NOC) RUDN, 8/2, Miklouho-Maclay street, Moscow, 117198, Russia



С.В. Бычков // S.V. Bychkov
serguei58@rambler.ru

горный инженер, Канада, BCV6B3N0, Ванкувер
mining engineer, Vancouver, BCV6B3N0, Canada

УДК 544.773.32: 614.888.5: 615.099.08: 622

МЕДПРЕПАРАТЫ, ПРИМЕНИМЫЕ ПРИ ОСТРОМ ОТРАВЛЕНИИ УГАРНЫМ ГАЗОМ В ШАХТАХ. ЗАМЕНИТЕЛИ ПЛАЗМЫ КРОВИ. ГОЛУБАЯ КРОВЬ

MEDICATIONS WHICH CAN BE USED IN CASE OF CARBON MONOXIDE ACUTE POISONING IN THE MINES. BLOOD PLASMA SUBSTITUTES. BLUE BLOOD

Пожары в действующих горных выработках шахт, как правило, носят катастрофический характер и приводят к многочисленным жертвам. За счёт переноса продуктов горения вентиляционной струёй проветривания шахты они – продукты горения – могут распространиться на большие расстояния от очага пожара и смертельно травмировать шахтёров по ходу воздушной струи. Существенную помощь шахтёрам в таких аварийных ситуациях оказывают средства индивидуальной защиты шахтёров, представляющие собой различного рода дыхательные аппараты, так называемые самоспасатели. Но бывают случаи, когда они не могут защитить от действия ядовитых продуктов горения. Тогда на вооружении горноспасателей должны находиться медицинские препараты, способные восстановить дыхательные функции пострадавших при пожаре шахтёров. Целью данной статьи служит ознакомление горных специалистов и работников ВГСЧ с современным состоянием медицинских препаратов для нейтрализации действия угарных газов.

Fires in the operational underground mine openings, as a rule, are catastrophic and lead to numerous victims. Due to the transfer of combustion products by the ventilation stream of the mine ventilation, they can be spread over long distances from the fire site and mortally injure miners along the course of the air stream. Essential assistance to miners in such emergency situations is provided by means of individual protection of miners, which are breathing apparatus of various types - so-called self-rescuers.

There are cases anyway when they cannot protect from poisonous combustion products action. Then in the arsenal of mine rescuers there must be medical preparations capable of restoring the respiratory functions of the miners the fire victims. The purpose of this article is to familiarize mining specialists and VGSC workers with the current state of medical preparations for carbon monoxide effect neutralization.

Ключевые слова: ПОДЗЕМНЫЙ ПОЖАР, УГАРНЫЙ ГАЗ, ПЕРФТОРОКС, КРОВЬ, ПЛАЗМА КРОВИ
Key words: UNDERGROUND FIRE, CARBON MONOXIDE, PERFLUOROX, BLOOD, PLASMA

Известны многочисленные случаи катастрофических последствий подземных пожаров. Занявшись в одном месте, огонь выделяет огромное количество ядовитых продуктов, которые разносятся вентиляционной струёй на огромные расстояния и там достигают застигнутых врасплох подземных рабочих. Так 29.07.1991 года на украинской шахте «Южнодонбасская №1» города Угледар при возгорании полотна ленточного конвейера смертельную дозу отравления получили 32 шахтёра. При аналогичных обстоятельствах на шахте «Украина» города Украинск 7.07.2002 года смертельное отравление получили 35 гор-

няков. Другие данные: Кузбасс (Салаирский рудник) 6.02.1943 года – 85 шахтёров; шахта «7 Ноября» 12.10.1950 года – 48 шахтёров. Мы привели только малую часть данных о числе жертв при пожарах в шахтах, которые каждый год уносят жизни шахтёров. Таким образом, одной из основных причин гибели шахтёров при пожарах является отравление угарным газом. Несмотря на то что человек уже спасён, поднят на поверхность, на свежий воздух, даже подключён к кислороду, он все равно умирает от удушья, так как в его крови практически не осталось гемоглобина, большая часть которого под действием угарного газа превратилась в карбоксигемогло-

бин, который не способен переносить кислород. Для того чтобы спасти такого человека, ему нужно внутривенно ввести такое вещество, которое способно переносить кислород и при этом индифферентно к угарному газу.

Предтечей использования фторорганических соединений в качестве переносчиков кислорода послужила статья американских учёных в журнале "Science" [1], опубликованная в 1966 году. В ней было описано, что животные могут дышать жидкостью, содержащей растворенный кислород. При этом если в качестве такой жидкости можно использовать фреоны и другие фторированные углеводороды, которые, как оказалось, хорошо растворяют кислород, такое дыхание возможно при атмосферном давлении. Это открытие дало толчок исследованию перфторуглеродов, что в дальнейшем привело к идее получения на их основе кровезаменителя, переносящего кислород не за счёт его реакции с гемоглобином, а за счёт физического растворения кислорода, и в виде раствора переносит его к тканям организма.

История возникновения кровезаменителей на основе перфторорганических соединений (ПФОС) начинается с серии патентов, совместно полученных японскими корпорациями Green Cross Corp и Tanabe Seiyaku Co в ряде ведущих стран мира [2]. В этих патентах впервые было предложено использовать в качестве переносчика кислорода не чистые перфторорганические соединения, а эмульсии таких соединений или их смесей в воде в качестве кровезаменителей с функцией переноса кислорода. В 1981 году Green Cross Corp получила в СССР [3] патент на использование таких эмульсий ПФОС в качестве кровезаменителя.

Примерно в это же время исследование свойств фторуглеродных оксигенаторов началось и в СССР. В 1975 г. в Институте сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева впервые в стране были выполнены работы по длительной внелёгочной оксигенации с использованием фторуглеродных оксигенаторов и по замене газовой среды в лёгких на жидкий перфторуглерод (так называемое «жидкостное дыхание»). А в 1979 г. в секторе биофизики Института биофизики АН СССР, который возглавлял Ф.Ф. Белоярцев, были проведены первые в стране эксперименты по перфузии сердца и почек. В 1982 г. в этом институте был создан плазмозаменитель с газотранспортной функцией — Перфторан [4] на основе перфтордекалина (рис.1) и перфторметилциклогексилпиперидина (рис. 2).

История использования Перфторана в ка-

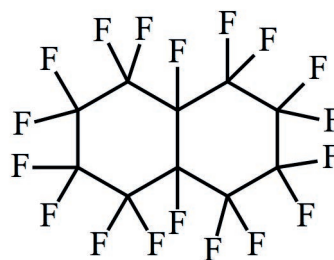


Рисунок 1 – Перфтордекалин (ПФД)
Figure 1 - Perfluorodecalin (PFD)

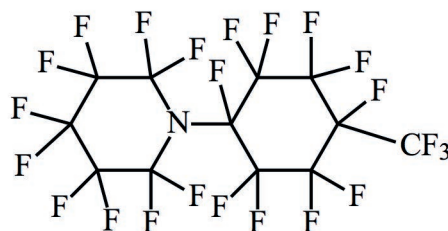


Рисунок 2 – Перфторметилциклогексилпиперидин (ПМЦП)
Figure 2 - Perfluoromethyl-cyclohexylpiperidine (PMCP)

честве кровезаменителя достаточно трагична, его запрещали, шельмовали, однако препарат нашёл свою область применения только в 1996 г. Перфторан был разрешён к промышленному выпуску и широкому клиническому применению Минздравом России. Также он был разрешён к применению ещё в ряде стран мира. Производство Перфторана было создано на ОАО НПФ «Перфторан» в Пущине.

Препарат Перфторан – это единственный в мире разрешённый для клинического использования кровезаменитель с функцией переноса кислорода на основе Перфторорганических соединений (ПФОС). До последнего времени он производился в России, однако сейчас его производство прекращено, а все оборудование и документация проданы в США. Это был единственный в мире препарат с такого рода функцией, разрешённый к применению в медицинской практике и включённый в российскую фармакопею. Все остальные разработки подобных препаратов пока так и не вышли за рамки лабораторий.

Препарат Перфторан представляет собой эмульсию смеси двух перфторорганических соединений: перфтордекалина (ПФД) (рис.1) и Перфторметилциклогексилпиперидина (ПМЦП) (рис. 2), стабилизированную ПАВ Проксанол-268 в изотоническом растворе. В дальнейшем в России работало несколько групп исследователей, занимавшихся разработкой плазмозаменителей крови на основе ПФОС. Однако разработанные и запатентованные ими препараты мало отлича-

Таблица 1. Свойства эмульсий ПФОС

№	Наименование эмульсии ПФОС	Содержание ПФОС, масс. %	Содержание ПАВ, %	Ср. размер частиц эмульсии, нм	Вязкость, сантипуаз
1	Перфторан (после разморозки)	20	4	250	4,0
2	Фаберлик	20	6	220	25
3	Охусyte (USA)	50	4	200-300	-
4	Перфторокс -20	20	1	190	1,2
5	Перфторокс -40	40	2	200	2,1
6	Перфторокс -50	50	2, 5	210	3,8
7	Перфторокс -60	60	3	220	6,2

лись от Перфторана по основным свойствам [5].

Таким образом, на данный момент в России больше нет кровезаменителей на основе ПФОС, которые можно было бы применить как при острой кровопотере, так и при отравлении угарным газом (антидот).

Главный недостаток известного препарата «Перфторан» заключается в том, что он должен храниться в замороженном виде, а перед применением требуется проведение медленного размораживания. Время, затраченное на размораживание препарата, обходится для пострадавших при пожарах в шахтах очень дорого, они умирают от отравления, а также травм, связанных с большой кровопотерей. В жидком же виде он не может храниться больше месяца даже в холодильнике. По этой причине его применение в экстренных случаях, когда нужно быстро компенсировать кровопотерю или использовать его как антидот при отравлении угарным газом, сильно затруднено.

Несколько лет назад группой учёных был разработан альтернативный препарат – кровезаменитель на основе тех же самых ПФОС, отличающийся от Перфторана тем, что он более ста-

билен, поэтому может храниться в жидком виде при комнатной температуре в течение года или более 3 лет в холодильнике при стандартной концентрации 20 % эмульсии ПФОС. Он отличается более низкой вязкостью (табл. 1), что позволяет иметь серию препаратов с различным содержанием ПФОС и более высокой кислородной ёмкостью [2]. Этот препарат получил условное название «Перфторокс». Повышенная стабильность и хранение в жидком виде позволяет использовать Перфторокс в экстренных случаях, когда требуется срочное переливание крови из-за большой кровопотери. При этом совершенно неважна группа крови и резус – фактор пациента, поэтому можно не тратить время на анализы и сразу приступать к лечению.

Основной задачей при разработке препарата Перфторокс было создание агрегативно и седиментационно устойчивых наноземульсий на основе ПФОС, имеющей средний размер частиц не более 200 нм и способных храниться в жидком состоянии (а не в замороженном виде) в течение длительного времени (не менее 1 года) не только в холодильнике, но и при комнатной температуре без существенного изменения диа-

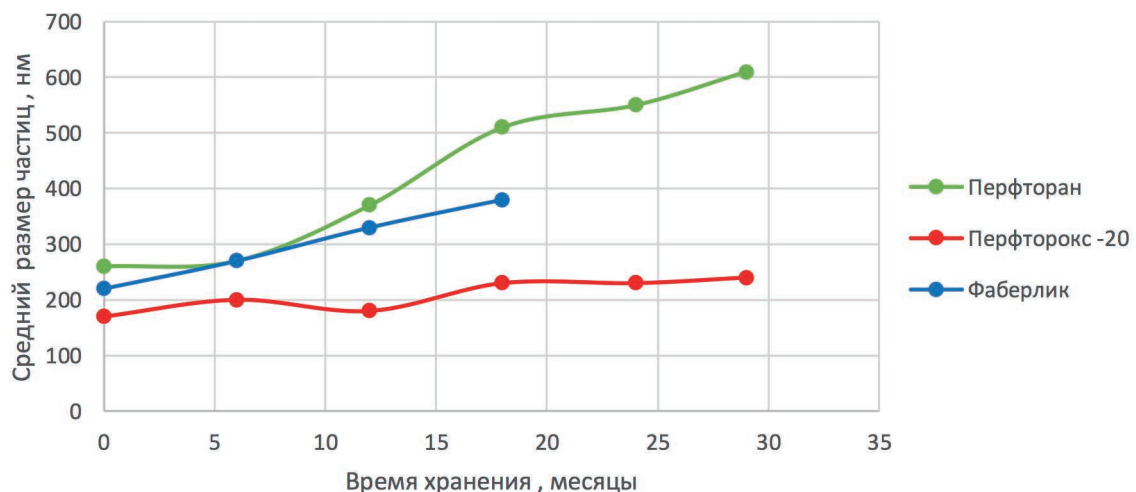


Рисунок 3 – Зависимость размеров частиц Эмульсий ПФОС от времени хранения в холодильнике
Figure 3 - Dependence of particle sizes PFOS emulsions on storage time in the refrigerator

метра частиц ПФОС в эмульсии. Решение этой задачи состояло в поиске специального эмульгатора – стабилизатора, способного стабилизировать такую эмульсию. В результате проведённого поиска было установлено, что необходимыми свойствами обладают анионные ПАВ – соли кислых эфиров двухосновных карбоновых кислот, аналоги жирных кислот. Такой эмульгатор – стабилизатор был разработан, и на его основе были получены стабильные наноэмульсии ПФОС в физиологическом растворе.

Была разработана целая серия препаратов с различным содержанием ПФОС в эмульсии. Их свойства в сравнении с рядом других препаратов приведены в таблице 1.

Ещё одной особенностью препаратов Перфторокс является возможность их разбавления перед применением физиологическим раствором для установления нужной концентрации ПФОС в эмульсии.

Высокая агрегативная устойчивость препаратов Перфторокс позволяет проводить их стерилизацию не только стерилизационной фильтрацией полученной эмульсии через фильтры с диаметром пор 200 нм, но и автоклавированием при 120°C.

На рисунке 3 приведена зависимость размера частиц эмульсии от времени хранения.

Препарат Перфторокс-20 оставался однородным и не требовал перемешивания, в то время как для проведения измерений препарат Перфторан приходилось взбалтывать и перемешивать, так как при хранении в жидком виде он расслаивался в течение первых 2-3 месяцев и требовал редиспергирования. Таким образом, результаты измерений, приведённые на рисунке 3, для Перфторана несколько лучше, чем есть на самом деле. Препарат Фаберлик [8], предназначенный для наружного, косметическо-дерматологического применения находится посередине, но имеет явную тенденцию к росту размера частиц при хранении.

Из зарубежных препаратов можно отметить препарат Охусуце [9] разработки Охуген Biotherapeutics (USA), отличающийся от выше описанных препаратов другим типом ПФОС – перфтор-(трет-бутилциклогексан) (рис.4), повышенной концентрацией ПФОС, повышенной кислородной ёмкостью, и, по-видимому, высокой вязкостью, препятствующей её внутривенному введению. Информации об изменении размера частиц при его хранении нет.

Несмотря на высокую концентрацию ПФОС, препараты Перфторокс-20 и Перфторокс -40 обладают более низкой вязкостью, чем

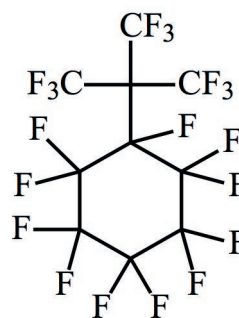


Рисунок 4 – Перфтор-трет-бутилциклогексан
Figure 4 - Perfluor-tert-butylcyclohexane

кровь, поэтому они не повышают вязкость крови, а повышают скорость её циркуляции в организме, что улучшает снабжение тканей организма кислородом. Также препарат Перфторокс увеличивает электроотрицательные заряды оболочек эритроцитов, тромбоцитов и клеток эндотелия и тем самым более эффективно, в сравнении с известным препаратом «Перфторан», повышает суспензионную стабильность крови, улучшает её реологические характеристики, активирует микроциркуляцию в тканях, увеличивает гемодинамический эффект инфузии препарата. Повышение под воздействием заявляемой эмульсии электроотрицательных зарядов оболочек эритроцитов, тромбоцитов и эндотелия сосудов ведёт к восстановлению электроотрицательных зарядов на мембранах, препятствует образованию агрегатов крови, обеспечивает в сосудах осевой ток форменных элементов крови, вызывает распад ложных агрегатов (на ранних стадиях критических состояний), что реканализирует микросудистое русло.

Заключение

Принципиальным отличием и преимуществом препаратов Перфторокс по сравнению с другими известными препаратами подобного рода является относительно простая технология его изготовления, которая не требует использования сложного оборудования на основе гомогенизаторов высокого давления. Для получения препаратов серии Перфторокс можно использовать ультразвуковые диспергаторы проточного типа.

Препарат Перфторокс характеризуется высокой устойчивостью при длительном хранении, в том числе при комнатной температуре. Так, через 12 месяцев хранения при температуре +15 - + 25°C средний диаметр частиц этой эмульсии увеличивается лишь на 15 %, то есть индекс стабильности равен 1,15.

Существенным отличием препарата Перфторокс от Перфторана является возможность его применения без каких-либо предварительных операций размораживания и нагревания, что имеет огромное значение при использовании препарата в экстренных случаях и существенно выделяет его из ряда других подобных препаратов, имеющих в арсенале медицины катастроф.

За время, прошедшее после получения патента RU 2469714 в 2012 году прототип препарата Перфторокс был доработан, что привело

к дальнейшему повышению качества эмульсии ПФОС, которая даже после трёх лет хранения в холодильнике представляет собой голубоватую прозрачную жидкость практически без опалесценции, свидетельствующей об её стабильном коллоидном строении. Эта эмульсия, состоящая из двух, практически нерастворимых друг в друге жидкостей голубого цвета, подтверждает название «Голубая кровь», данное препаратам - кровезаменителям на основе перфторорганических соединений ещё на заре своей истории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. L. C. Clark Jr., F. Gollan, Survival of mammals breathing organic liquids equilibrated with oxygen at atmospheric pressure // *Science*. vol. 152, no. 3730, pp. 1755–1756, 1966.
2. Yokoyama Kazumasa et al. Process for preparing injection-purpose fluorocarbon emulsion capable of carrying oxygen Patent CA947653 (A). 1974-05-21.
3. Ёкаяма Казумаса и др. Патент SU797546. Способ получения эмульсии, способной переносить кислород. Оpubл. 15.01.1981.
4. Воробьев С. И., Иваницкий Г. Р., Маевский Е. И., Склифас А. Н., Исламов Б. И., Шибяев Н. В., Белоярцев Ф. Ф. Пат. РФ 2070033. Способ получения перфторуглеродных эмульсий для медицинских целей. Патентообладатели Воробьев С. И., Иваницкий Г. Р. № 94 94040982; заявл. 28.11. 1994.
5. Воробьев С.И. Пат. РФ 2199311. Состав перфторуглеродного кровезаменителя на основе эмульсии перфторорганических соединений для медико-биологических целей. Патентообладатель Воробьев С. И. № 2001111373/14; заявл. 26.04.2001; опубл. 27.02.2003, бюл. № 6.
6. Maevsky E.I. et al. Emulsion of perfluoroorganic compounds for medical use and a methods for the preparation and the use thereof. Patent WO2008082321/ 11.12.2008.
7. Калининченко А. Н., Капцов В. В., Лазарев М. И. Пат. РФ 2305543. Эмульсия перфторорганических соединений с газотранспортными свойствами, поверхностно-активное вещество для этой эмульсии и способ ее получения. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "АКЦЕНТ". № 2005100277/15; заявл. 25.09.2002; опубл., 10.09.2007 бюл. № 25.
8. Ключник Т.П., Корнеева Р.В., Крючкова М.М., Корнеева Е.А. Пат. RU 2262920. Водная эмульсия перфторсоединений для косметических и/или дерматологических препаратов и способ ее получения. Патентообладатель Открытое акционерное общество "Фаберлик". № 2004128477/15; заявл. 28.09.2004; опубл. 27.10.2005, бюл. № 35.
9. Kiral R. et al. Emulsions of perfluorocarbons. Patent WO2010121082 /21.10.2010.
10. Фейзулова Р. К., Хромов А. В., Калининченко А. Н., Ворожцов Г. Н., Хан Ир Гвон, Мороз В. В., Голубев А. М., Решетняк В. И., Даниленко Л. В., Безуленко В. Н., Соболева Е. А., Каретенкова А. В. Пат. РФ 2469714. Эмульсия перфторорганических соединений с газотранспортными свойствами. Патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Государственный научный центр "Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей" (ФГУП "ГНЦ "НИОПИК"). № 2011129373/15; заявл. 15.07.2011; опубл. 20.12.2012, бюл. № 35.
11. История искусственной крови: как донорами становились мертвецы, быки и киты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2017/istoriya-iskusstvennoi-krovi-kak-donorami-stanovilis-mertvetsy-byki-kity#comment-11608>, свободный.

REFERENCES

1. Clark, L. C. Jr., & Gollan, F. (1966). Survival of mammals breathing organic liquids equilibrated with oxygen at atmospheric pressure. *Science*, 152, (3730), 1755–1756. [In English].
2. Kazumasa, Y. & et al. (1974). *Process for preparing injection-purpose fluorocarbon emulsion capable of carrying oxygen*. Patent CA947653 (A). Published 21.05.1974 [In English].
3. Kazumasa, Y. & et al. (1981). Process for preparing injection-purpose fluorocarbon emulsion capable of carrying oxygen. Patent SU797546. Published 15.01.1981 [In Russian].
4. Vorobiev, S. I., Ivanickii, G. R., Maevskii, E. I., Sklifas, A. N., Islamov, B. I., Shibaev, N. V., & Beloyarcev, F. F. (1994). *Patent. RF 2070033. Sposob polucheniya perftoruglerodnyh ehmulsii dlia meditsinskikh tselei [Perfluorocarbon emulsion preparation method with medical purposes]*. Patent holders Vorobiev S.I., Ivanitskii G.R. No. 94 94040982 [In Russian].
5. Vorobiov, S.I. (2001). *Patent RF 2199311. Sostav perftoruglerodnogo krovezamenitelia na osnove ehmulsii perftororganicheskikh soedinenii dlia mediko-biologicheskikh tselei [Perfluorocarbon blood substitute composition on the basis of perfluoroorganic compound emulsion for medical and biological purposes]*. Patent holder Vorobiev S.I. No. 2001111373/14, 6 [In Russian].
6. Maevsky, E.I. et al.(2008). *Emulsion of perfluoroorganic compounds for medical use and methods for the preparation and the use thereof*. Patent WO2008082321. Published 11.12.2008. [In English].
7. Kalinichenko, A. N., Kaptsov, V. V., & Lazarev, M. I. (2007). *Patent RF 2305543. Emulsiia perftororganicheskikh soedinenii s gazotransportnymi svoistvami, poverkhnostno-aktivnoe veshchestvo dlia etoi emulsii i sposob ee*

- polucheniiia [Emulsion of perfluoroorganic compounds with gas transport properties, surfactant for this emulsion and its production method]. Patent holder is the Limited Liability Company "ACCENT". No. 2005100277/15; Claimed. 25.09.2002; Published 10.09.2007 [In Russian].*
8. Klyushnik, T.P., Korneeva, R.V., Kriuchkova, M.M., & Korneeva, E.A. (2005). *Patent RU 2262920. Vodnaya ehmulsiia perftorsoedinenii dlia kosmeticheskikh i/ili dermatologicheskikh preparatov i sposob ee polucheniiia [Aqueous emulsion of perfluorocompounds for cosmetic and/or dermatological preparations and a method for its preparation].* The patent holder is the Open Joint-Stock Company Faberlic. No. 2004128477/15; Claimed. 28.09.2004; Published 27.10.2005 [In Russian].
 9. Kiral, R. & et al. (2010). *Emulsions of perfluorocarbons.* Patent WO2010121082 Published 21.10.2010 [in English].
 10. Feizulova, R. K., Khromov, A. V., Kalinichenko, A. N., Vorozhtsov, G. N., Gvon, H.I., Moroz, V. V., Golubev, A. M., Reshetniak, V. I., Danilenko, L. V., Bezulenko, V. N., Soboleva, E. A., & Karetenkova, A. V. (2012). *Patent RF 2469714. Emulsiia perftor organicheskikh soedinenii s gazotransportnymi svoistvami [Emulsion of perfluoroorganic compounds with gas-transport properties].* The patent holder is the Federal State Unitary Enterprise "State Scientific Center" Scientific Research Institute of Organic Semiproducts and Dyes "(FSUE" GNC "NIOPIK)". № 2011129373/15; Claimed. 07/15/2011; Published 20.12.2012 [In Russian].
 11. Istoriia iskusstvennoi krovi: kak donoramii stanovilis mertvetsy, byki i kity [History of artificial blood: how dead people, bulls and whales became donors]. (2017). *Nanonewsnet.ru.* Retrieved from <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2017/istoriya-iskusstvennoi-krovi-kak-donorami-stanovilis-mertvetsy-byki-i-kity#comment-11608> [In Russian].

ПОРТАЛ ПРОМБЕЗОПАСНОСТИ
группы компаний «Горный-ЦОТ» и «ВостЭКО»

ГЛАВНАЯ КОНТАКТЫ Разра Поиск...

Группа компаний
О нас
Горный-ЦОТ
ВостЭКО
ВостЭКО+
Сертификаты и лицензии
Продукция
Услуги
Научная деятельность
Подготовка кадров
Вестник
Руководство

ВСТРЕЧИ С СЕМЬЯМИ ПОГИБШИХ ГОРНЯКОВ
15-07-2015
В Кузбассе прошли первые в этом году традиционные встречи с родственниками погибших горняков.
Подробнее...

В РАЗВИТИЕ ГЛАВНОЙ ТЕМЫ
24-06-2015
Из печати вышел второй в этом году номер научно-технического журнала «Вестник». В своём обращении к читателям главный редактор издания, доктор технических наук Нэля Вадимовна Трубицына подчеркивает, что на угледобывающих предприятиях Кузнецкого бассейна аварийность с тяжёлыми последствиями и человеческими жертвами заметно снизилась.

Актуально
НЕ НУЖЕН УГОЛЬ ЛЮБОЙ ЦЕНОЙ
"УГОЛЬНАЯ" ПРОКУРАТУРА: ИТОГИ ПОЛУГОД

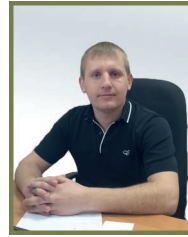
Научные публикации
КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ПУНКТОВ КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРИ

indsafe.ru
ПОРТАЛ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



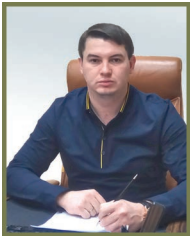
А.А. Христофоров //
A.A. Khristoforov
knaz1984@gmail.com

ведущий конструктор ООО "Горный-ЦОТ", Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1
the leading designer of LLC "Gornyi-TSOT", 1, Sosnovij Boulevard, Kemerovo, 650002, Russia



Д.А. Кузнецов //
D.A. Kuznetsov
kuznetsov.d.82@mail.ru

главный инженер проекта НАО «НЦ ПБ», Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1
chief engineer of the project of NAO "NC BP", 1, Sosnovij Boulevard, Kemerovo, 650002, Russia



И.А. Артюшин // I.A. Artiushin
igor.artushin@gmail.com

директор по проектированию НАО "НЦ ПБ", Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1
director of engineering of NAO "NC BP", 1, Sosnovij Boulevard, Kemerovo, 650002, Russia

УДК 62-784.4

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ И КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В АТМОСФЕРЕ УГОЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ МОРСКИХ ПОРТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

METHODS AND MEANS OF DUST CONTROL AND CONTROL OF DUST CONCENTRATION IN THE ATMOSPHERE OF THE COAL TERMINALS OF MARINE PORTS WITH THE USE OF THE LATEST ACHIEVEMENTS IN AUTOMATION AND DUST SUPPLY

В статье рассмотрена и дана оценка существующей ситуации по борьбе с пылью на угольных терминалах. Рассмотрены способы и средства, используемые для контроля запыленности, и проведен их анализ. Установлено, что существующих мер для достижения экологически безопасного статуса недостаточно. Предложены пути решения проблемы.

В качестве основного технического решения использован комплексный подход, включающий в себя средства контроля концентрации пыли в воздухе с выводом данных в режиме реального времени на пульт диспетчера и средства борьбы с пылью, представленной системой пневмогидроорошения с использованием энергии сжатого воздуха и химических присадок для повышения эффективности орошения. Выбор и разработка данного способа борьбы с пылью обусловлено необходимостью снижения расхода на орошение и обеспечение оптимальной для улавливания пыли мелкодисперсного водяного тумана. Контроль эффективности работы системы пневмогидроорошения также осуществляется на пульте диспетчера.

В статье обосновывается универсальность системы пневмогидроорошения и возможность её применения не только на угольных терминалах, но и везде, где необходимо проведение противопылевых мероприятий

The article considers and assesses the current situation on dust control at coal terminals. The methods and means used to control dustiness are considered and their analysis is carried out. It is established that existing measures to achieve environmentally safe status are not enough. The ways to solve the problem are suggested. As the main technical solution, a comprehensive approach including a means for controlling the concentration of dust in the air with real-time data output to the dispatcher's console and dust control means presented by a pneumatic hydroshock system using compressed air energy and chemical additives to improve irrigation efficiency was used. Selection and development of this method of dust control due to the need to reduce consumption for irrigation and ensuring optimum for dust fine water mist. Monitoring of the efficiency of the system of pneumatic hydraulic irrigation is also carried out on the dispatcher's console.

The article proves the universality of the system of pneumohydraulic irrigation and the possibility of its application is not only at coal terminals, but also wherever it is necessary to carry out anti-dust measures.

Ключевые слова: ПНЕВМОГИДРООРОШЕНИЕ, КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД, УГОЛЬНЫЕ ТЕРМИНАЛЫ, ИЗСТ-01, СКИП, СИСТЕМА ПГО, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПГО

Key words: PNEUMO HYDRA IRRIGATION, A COMPLEX APPROACH, COAL TERMINALS, IZST-01, SKIP, PHI SYSTEM, AUTOMATION, UNIVERSAL PHI SYSTEM

Введение

В обывательской среде существует распространенное заблуждение, что в угледобывающей промышленности наблюдается кризис; в результате смены технологических укладов и «дестабилизирующего» воздействия более совершенных и перспективных технологий, такие как рекуперация солнечной энергии, геотермальные источники теплоты, рынки сбыта сокращаются. В доказательство своих слов, они приводят «притянутую за уши» статистику; называют и другие причины, такие как стареющие основные фонды, технологические несовершенства производства и относительно низкий уровень автоматизации процессов.

В ответ на их аргументы приведем немного статистики. Как говорится, факты – вещь упрямая. К примеру, объем добычи угля за период с 2009 по 2016 вырос с 300 до 370 млн. тонн. А добыча проводилась (на 01.01.2016г.) на 58 угольных шахтах и 258 разрезах. Обогащение осуществлялось на 109 обогатительных фабриках [6]. Что ж, теперь мы наблюдаем обратную ситуацию. Другое дело, что соотношение угля добытым открытым способом к подземному выросло и не в пользу второго [6], но в нашем случае это не принципиально. Такое положение вещей обусловлено увеличением как внутреннего спроса на углеводороды, так и роста экспорта.

Основной и классической, можно сказать хрестоматийной, проблемой в области экологии и промышленной безопасности при работе с горными породами на терминалах морских портов является борьба с пылью.

Например, в 2016 году объем экспорта угля в России составил 163 млн. тонн. При этом, не весь экспортируемый уголь приходит в терминалы уже необходимого качества. В связи с этим, в угольных терминалах дополнительно устраивают дробильно-сортировочные комплексы для доведения угля до необходимых для экспорта параметров.

Масло в огонь подливает и тот факт, что подобные терминалы располагаются в непосредственной близости с жилыми кварталами, поселениями, городами. Такие «взрывоопасные» соседи резко ухудшают качество жизни населения, экологии, а также на порядок увеличивают риск чрезвычайной ситуации.

Естественно, такое положение вещей не устраивает население, что в свою очередь, выливается в общественное недовольство, митинги, письма Президенту.

Так в городе Находка Приморского края, жители уже не первый раз обращают внимание на высокое содержание угольной пыли в воздухе городской черты.



Рисунок 1 – Фотография с митинга в г. Находка
Figure 1 - Photo from the rally in the city of Nakhodka

При отсутствии нормативной базы по борьбе с угольной пылью на перевалочных пунктах в нашей стране, жителям городов (подобных г. Находке), остается только и делать, что обращаться как к местным, так и федеральным властям, с просьбой помочь в решении данной проблемы.

Анализ

Безусловно, на подобного рода объектах, как угольные терминалы в портах "Восточный" (г. Находка) и "Усть-Луга" (г. Санкт-Петербург) существует техническая база для борьбы с пылью, но давайте разберем проблему более подробно.

При транспортировке и хранении угля в производственно-перегрузочных комплексах основными источниками интенсивного пылевыделения являются следующие зоны:

- места разгрузки и транспортирования угля;
- галереи конвейеров;
- узлы пересыпки;
- открытые склады угля;
- дробильно-сортировочные комплексы;
- места погрузки угля на морской транспорт.

Традиционно, в проектной документации предусматриваются следующие мероприятия для уменьшения запыленности воздуха в рабочей зоне: установка противопылевого защитного экрана, максимальная герметизация технологического оборудования, установка си-



Рисунок 2 – Состояние атмосферы в порте «Восточный» г. Находка в ветреную погоду и штиль
 Figure 2 - The state of the atmosphere in the port of Vostochny in the city of Nakhodka in windy weather and calm

стем аспирации, системы гидрообеспыливания, уборка пыли всех отапливаемых помещений гидросмывом.

Идеологи экологической безопасности на предприятиях считают, что такая анфилада мер достаточна для сведения рисков взрывов и воспламенения к минимуму. Мы же – напротив, утверждаем, что нормы, которых придерживаются на складах и других местах недостаточны. Для примера приведем некоторые технические нормы из «Приказ Ростехнадзора от 14.10.2014 N 462 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по борьбе с пылью в угольных шахтах», в п.12 которых сказано, что «Запыленность воздуха в рудничном воздухе после обеспыливающей завесы в исходящих из подготовительных и очистных забоев вентиляционных струях не более 150 мг/м^3 ». «При содержании пыли в рудничном воздухе в горных выработках с исходящей струей воздуха после обеспыливающей завесы более 150 мг/м^3 ведение горных работ по добыче угля запрещается (п. 36)» Почему запрещается? Думаю, понятно всем. На угольных же терминалах, по данным независимых исследователей, концентрация может превосходить в 10 и более раз. Даже при беглом подсчете приведенных цифр становится понятно, что текущее положение вещей никуда не годится.

Мало того, что загрязнения воздушной среды ведут к простою предприятия, они создают реальную опасность заболевания силикозом, пылевым бронхитом и другими тяжелыми болезнями, приводящими к патологическим изменениям в организме [7].

В доказательство этих фактов могут служить фотографии на которых изображен порт «Восточный» город Находка в ветреную погоду и штиль.

Как было сказано выше, борьба с угольной

пыли в атмосфере предприятия осуществляется методом гидравлического орошения. Помимо основных и очевидных преимуществ, которыми обладает эта система, существуют и ряд недостатков, которые не позволяют сделать этот метод универсальным: распад на капли происходит под действием силы нагнетания и создаваемый при этом распыл имеет довольно грубый и неоднородный состав, затруднено регулирование расхода при заданном качестве дробления. Для достижения требуемых результатов необходимо создавать большее давление, которое влечет за собой увеличение расхода агента [4]. Естественно, увеличение расхода воды сказывается, в первую очередь, на санитарно-гигиенических условиях работы персонала, во вторую - на качестве продукта.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод, тезис которого состоит в том, что назревает необходимость применения нового, более рационального способа обеспыливания атмосферы на грузовых терминалах, который будет наиболее экономичным для конкретных условий производства и требований к качеству готового продукта [2]. Предрасполагают к этому и поправки в Федеральный закон от 21 июля 2014г. № 219-ФЗ, которые вступают в силу 1 января 2018 года.

Решение проблемы – предложение ООО «Горный-ЦОТ»

Для улучшения экологической обстановки вокруг угольных терминалов, в местах интенсивного пыления необходимо применить системы пневмогидроорошения разработки ООО «Горный-ЦОТ» (далее по тексту система ПГО).

К техническим преимуществам системы ПГО относятся:

– незначительный расход воды (уменьше-

ние до 12 раз по сравнению со стандартными системами гидрообеспыливания);

- использование воды не хозяйственно-питьевого назначения;
- эффективное пылеулавливание частиц от 5 до 200 мкм, обеспечивая наименьшее остаточное пылесодержание очищенного воздуха (по сравнению со стандартными системами аспирации);
- улучшение гигиенических и санитарных условий как труда работников, так и проживания местных жителей, повышение уровня безопасности персонала, снижение затрат на уборку пыли;
- отсутствие застойных зон орошения;
- вытеснение взрывоопасных газов из опасных областей;
- возможность проверки работоспособности системы способом визуального осмотра;
- простое обслуживание системы;
- удобное регулирование расхода, и контроль за давлением воды и воздуха;
- снижение затрат на обслуживание и ремонт;
- наличие режима «автомат», в котором происходит постоянный мониторинг запыленности атмосферы и в случае необходимости включения системы в автоматическом режиме.

Применение такого «мягкого» орошения позволит повысить эффективность пылеподавления, улучшить общую атмосферу на предприятии.

Технологическое применение

Система ПГО является самостоятельной и самодосточной системой, но может предусматриваться, как дополнительная, так и альтернативная уже имеющимся системам по борьбе с пылью. Кроме того, системы ПГО предусматри-

ваются для установки в новых местах, где системы по борьбе с пылью отсутствуют.

Обеспечение агентами

Подача воды для систем ПГО предусматривается из трубопроводов технической воды, а также из трубопроводов обессоленной морской воды. Там, где это возможно, подача может осуществляться из систем опреснения морской воды, подготовленной воды из системы ливневой канализации, а в отдельных случаях, где необходимо и позволяет оборудование, очищенной от механических примесей морской воды.

Подача сжатого воздуха осуществляется от компрессорных установок.

Шлам, грязь, отходы

Отвод шлама при работе системы ПГО в отапливаемых помещениях предусматривается гидросмывом, а на открытых площадках – общеплощадочной канализацией промышленно-ливневых стоков в очистные сооружения предприятий.

Смачиватель

Кроме того, в настоящее время для повышения эффективности улавливания и связывания угольной и породной пыли на предприятиях горной, цементной и топливно-энергетической промышленности в системах принудительного пылеподавления применяют водные растворы агентов, улучшающих смачивание угольной пыли. Например, при концентрациях смачивателя от 0,1 до 0,15 % в воде достигается осаждение 72-92 % частиц угольной пыли для широкого спектра марок угля.

Для более эффективного пылеподавления, предупреждения выброса угольной пыли в атмосферу, уменьшения потери угля и сокращению расхода воды, возможно и рекомендуется оснастить систему ПГО, на всех этапах, доза-

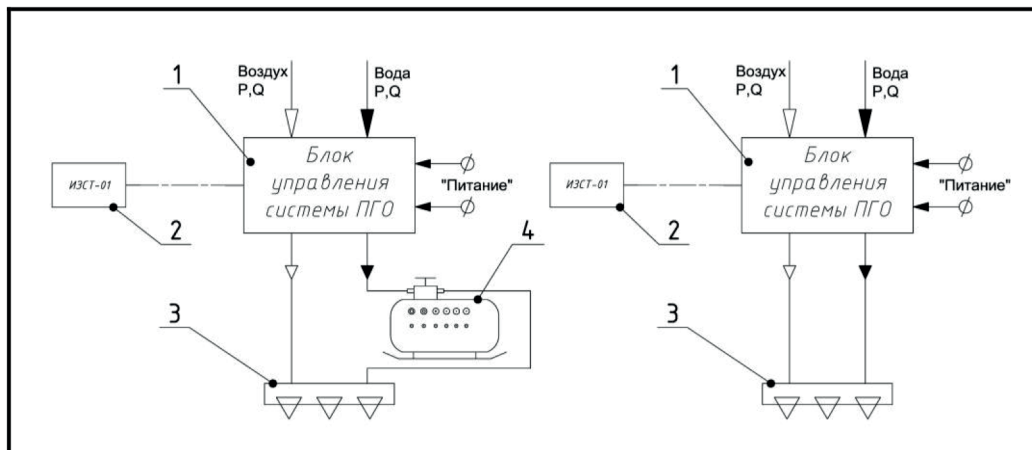


Рисунок 3 – Пример схемы использования системы ПГО с дозатором смачивателя
Figure 3 - An example of a scheme for using a PHI system with a wetting agent dispenser

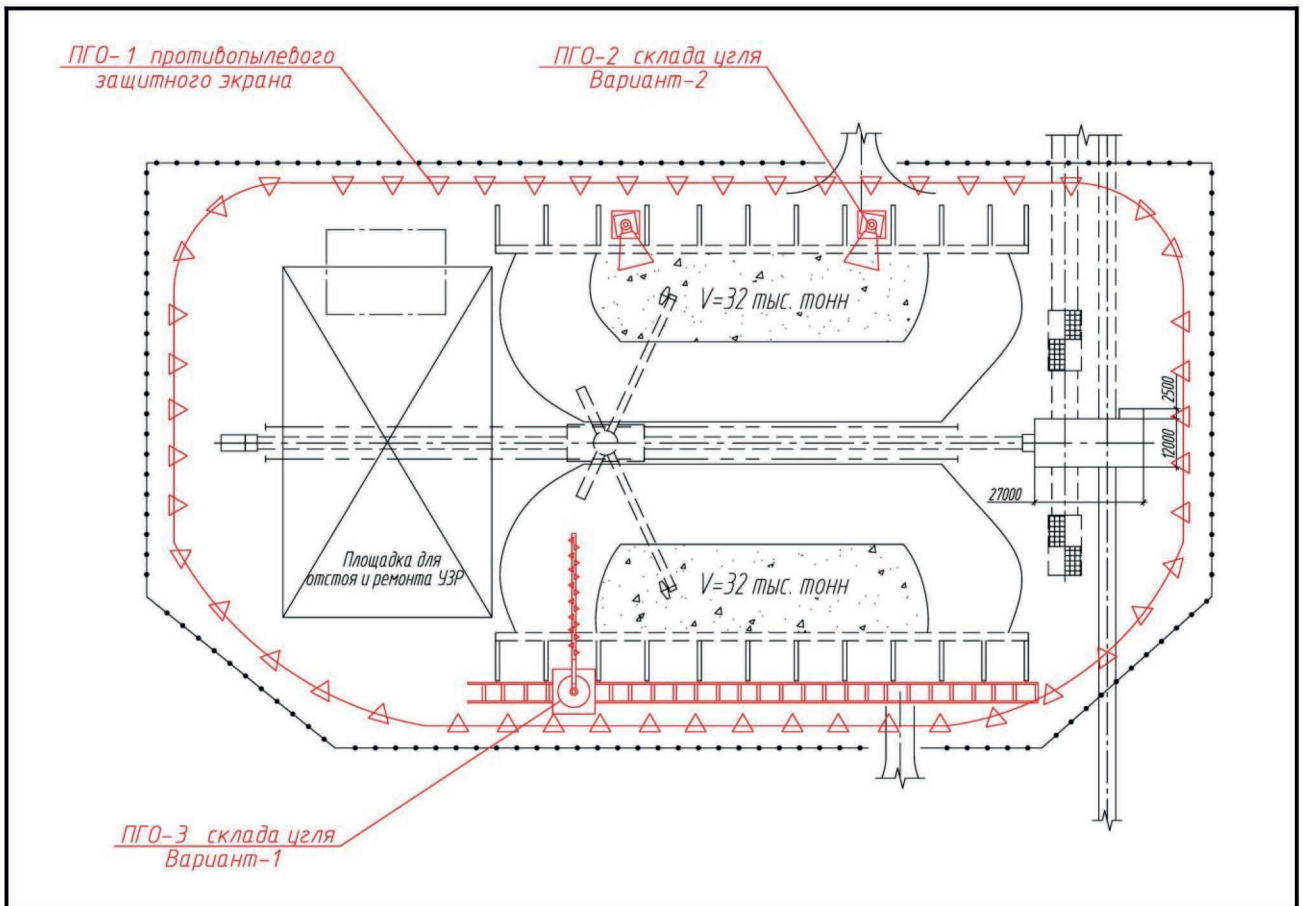


Рисунок 4 – Пример схемы установки ПГО на складе угля
 Figure 4 - An example of a scheme for the installation of PGIs in a coal warehouse

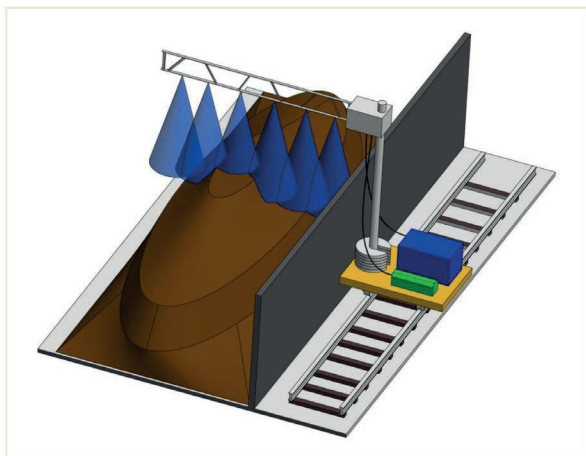


Рисунок 5– Пример варианта передвижной системы ПГО для орошения штабеля угля
 Figure 5 - An example of a variant of a mobile PGI system for irrigation of a stack of coal

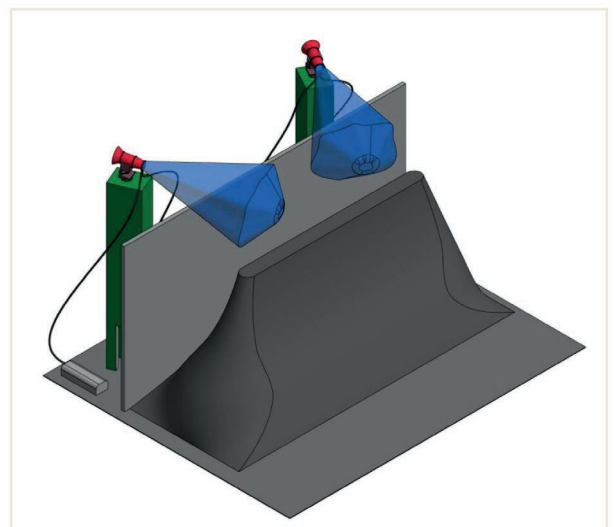


Рисунок 6 – Пример варианта стационарной системы ПГО для орошения штабеля угля
 Figure 6 - An example of a stationary PGI system for irrigation of a stack of coal

торами, которые позволят использовать смачиватель в технологическом процессе обеспыливания. Примерная схема такого применения изображена на рисунке 3.

На рисунок 3 приведен пример схемы системы ПГО с дозатором жидкого смачивателя (слева) и без него, где 1 — блок управления си-

стемы ПГО; 2 — датчик измерения концентрации пыли в атмосфере (ИЗСТ-01); 3 — блок форсунок; 4 - дозатор жидкого смачивателя

Антипирогены

На открытом складе топлива, в системе ПГО, в качестве профилактических мер для

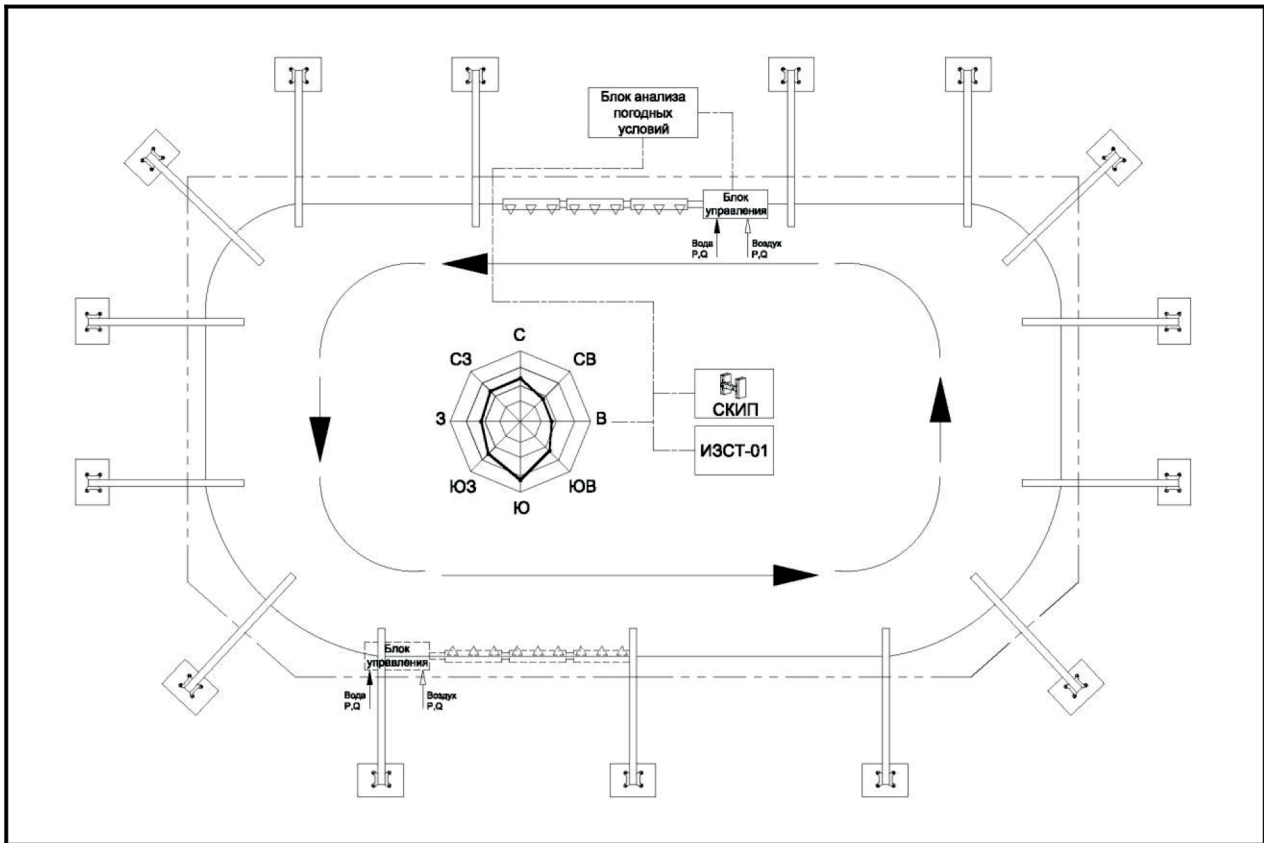


Рисунок 7 - Пример принципиальной схемы подвесной передвижной системы ПГО для орошения противопылевого экрана
 Figure 7 - Example of a schematic diagram of a suspension mobile PHI system for spraying an anti-dust screen

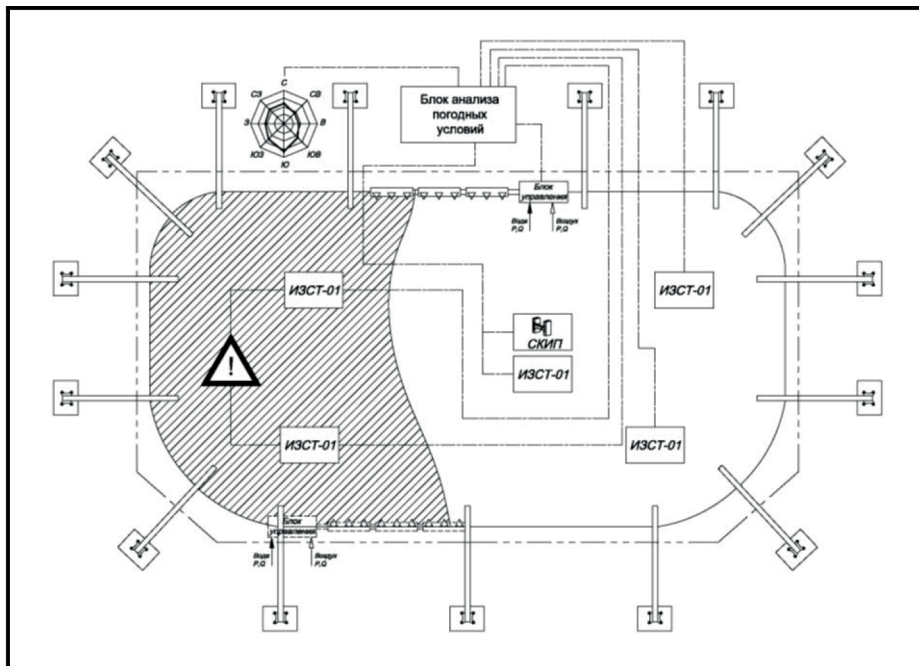


Рисунок 8 – Пример подвесной передвижной системы ПГО для орошения противопылевого экрана, где 1- блок управления; 2- блок форсунок; 3 – рельс; 4 – опора
 Figure 8 - Example of a mobile mobile PHI system for spraying an anti-dust screen, where 1- control unit; 2- block of injectors; 3 - rail; 4 support

предотвращения самовозгорания, в результате окисления кислородом, предлагается применять воду исключительно совместно с антипирогенными составами.

Преимуществом использования дозаторов вкуче с системой ПГО является равномерное

смачивание антипирогеном по всей площади защищаемой поверхности угольного обнажения. Так же, после каждого продолжительного периода дождей (более 3 – 5 дней), обновление защитной пленки антипирогена можно осуществить, управляя системой ПГО дистанционно.

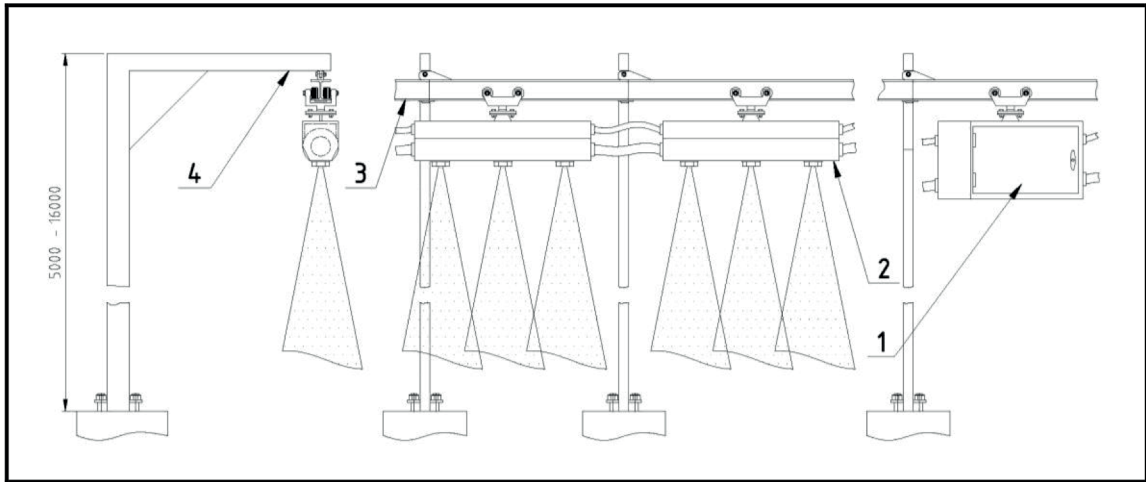


Рисунок 9 – Пример принципиальной схемы подвесной передвижной по наземному рельсовому пути системы ПГО для орошения противопоылевого экрана
 Figure 9 - An example of a schematic diagram of a pogo moving on the ground track of a PHI system for spraying an anti-dust screen

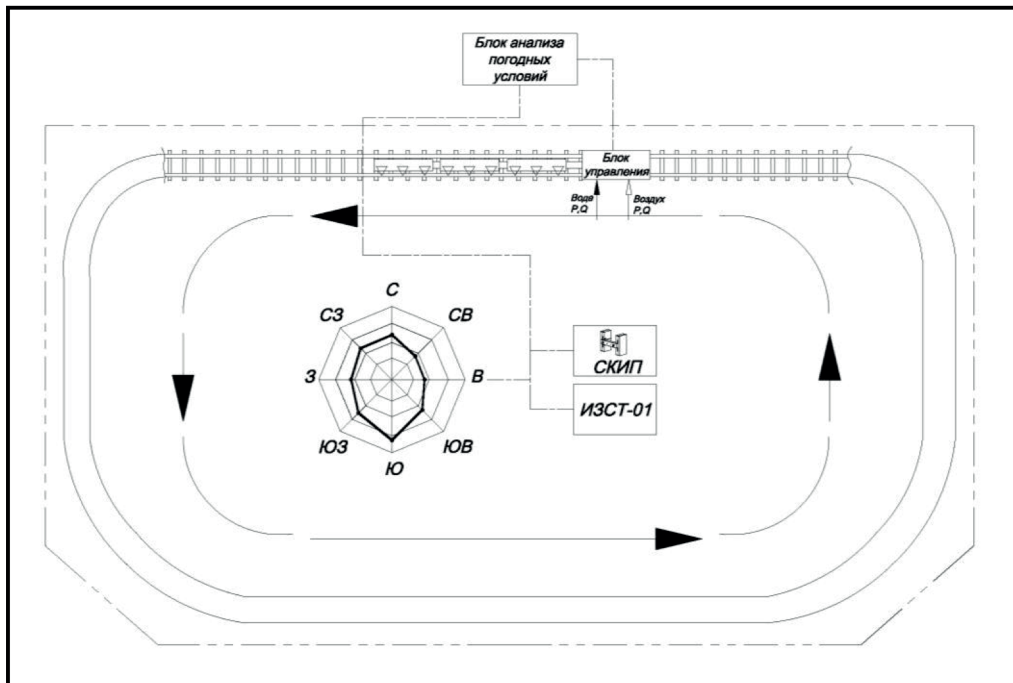


Рисунок 10 – Пример принципиальной схемы работы системы ПГО в зависимости от показаний датчиков ИЗСТ-01
 Figure 10 - Example of a schematic diagram of the PHI system operation depending on the readings of the sensors IZST-01

Открытые места хранения угля

Выше было сказано, что с целью уменьшения скорости потока воздуха и предотвращения разноса ветром угольной пыли с территории склада топлива предусматривается установка противопоылевого защитного экрана.

В дополнение к существующей мере, для более значительного снижения концентрации угольной пыли на территории склада и за его пределами, предлагается оснастить места интенсивного пыления стационарными и передвижными системами ПГО, представленных в двух вариантах. Установка вносит существенный вклад в сдерживание пылевых частиц.

Вариант-1

Открытые места хранения угля предлагается орошать с помощью системы ПГО, установленной на передвижной, вдоль склада, консоли. Консоль передвигается по рельсовому пути (рис. 4).

Вариант-2

Открытые места хранения угля предлагается орошать с помощью двух стационарных установок пылеподавления с возможностью дистанционного управления со способностью охватывать значительные площади штабелей (рис. 5 и 6).

Противоылевой защитный экран

Так же предлагается орошать про-

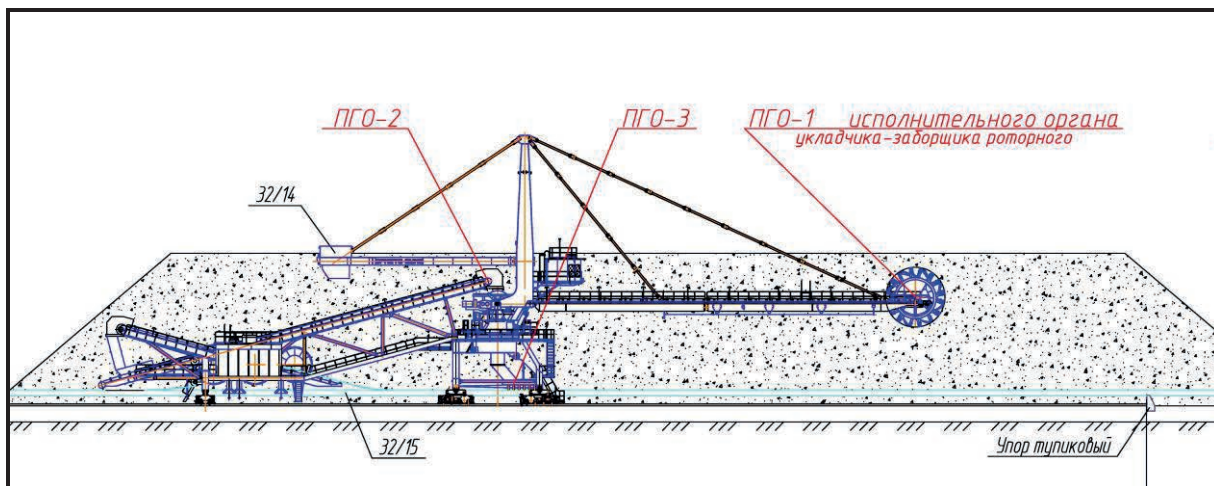


Рисунок 11 – Пример установки системы ПГО на роторном укладчике-заборщике
 Figure 11 - Example of installation of a PHI system on a rotary paver

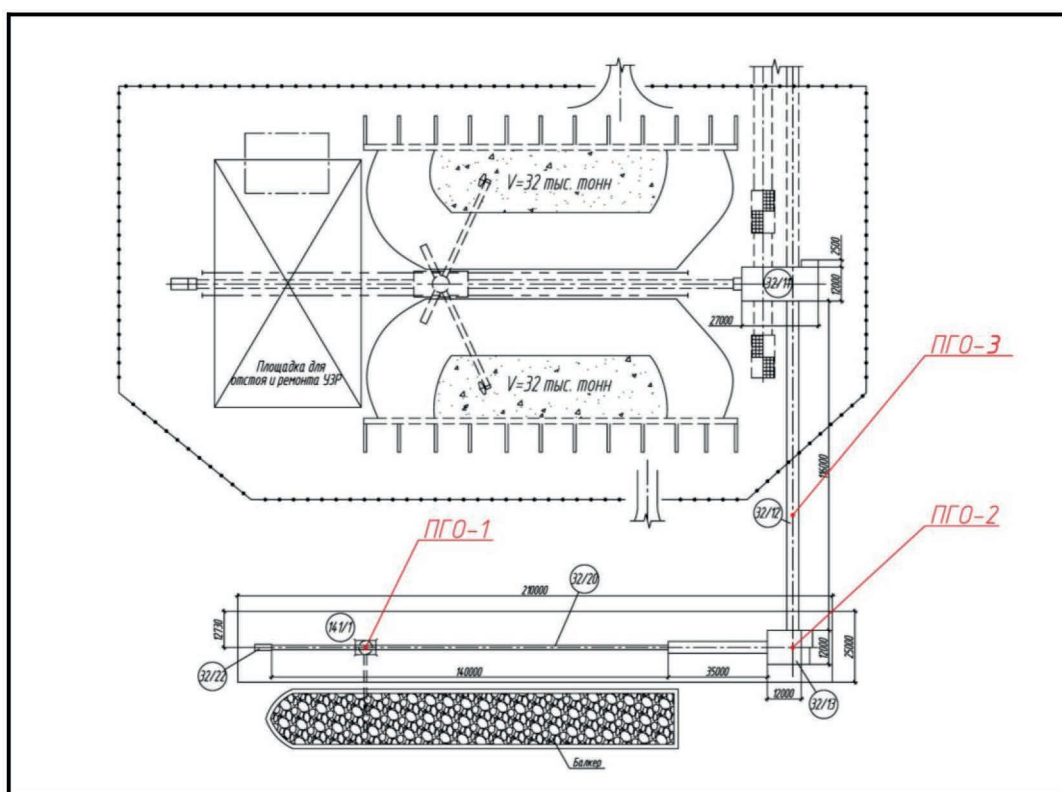


Рисунок 12 – Пример расстановки системы ПГО на схеме топливоподачи
 Figure 12 - An example of the arrangement of the PHI system in the fuel supply scheme

тивопылевой защитный экран (рис. 7-9), исполнительный орган с ленточным конвейером роторного укладчика-заборщика (рис. 11), и зону пересыпки (рис. 12).

Система ПГО устанавливается на подвесном рельсовом пути параллельно экрану.

Альтернативой подвесному рельсовому пути может служить наземный рельсовый путь (рис. 9). В таком случае, блок форсунок с системой управления монтируется на продольной консоли или раме, а перемещение осуществляется по рельсовым путям.

Для экономии ресурсов система работает

локально (передвигается к месту интенсивного пыления), в зависимости от направления ветра.

В зависимости от локализации пылевыделения система автоматически перекрывает это место водяным туманом.

В дополнение ко всему, система ПГО может быть исполнена в виде блока с форсунками, установленном на исполнительном органе роторного укладчика-заборщика, с направленным факелом орошения в зону пересыпа угля.

Оригинальная конструкция систем позволяет создавать равномерный воздушный туман, осажая угольную пыль и препятствуя её даль-

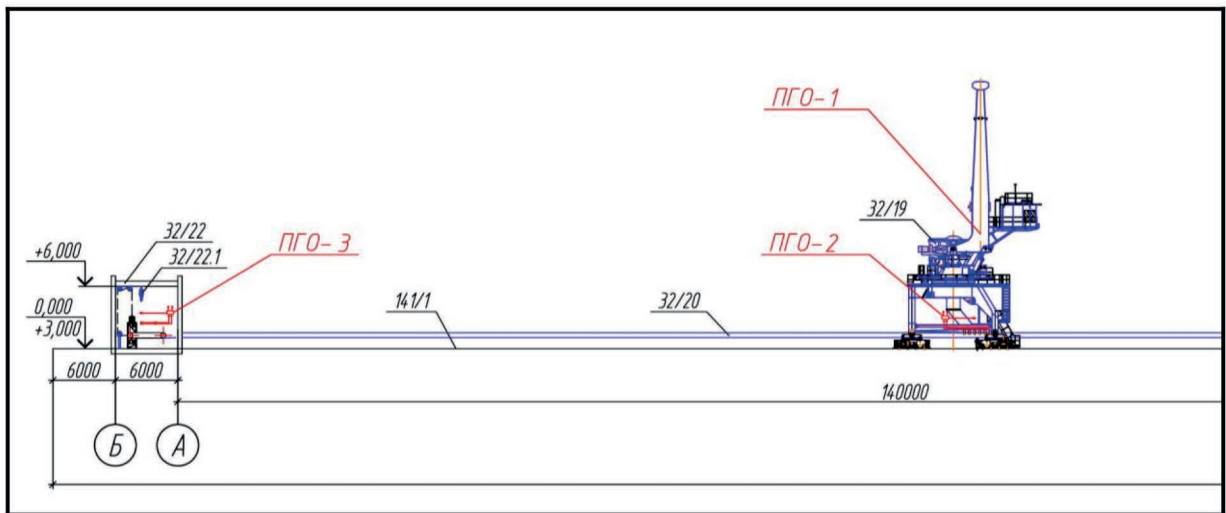


Рисунок 13 – Пример установки систем ПГО на судопогрузочной машине
Figure 13 - Example of installation of PHI systems on the ship loading machine

нейшему распространению.

Так же предлагается установить системы ПГО на судопогрузочных машинах и в галереях топливоподачи (рисунок 12, 13 и 14).

Для уменьшения концентрации образованной угольной пыли предлагается оснастить исполнительный орган машины системой ПГО. Кроме того, систему ПГО стоит устанавливать в месте перегрузки с конвейера на машину.

Пример работы системы ПГО в галерее топливоподачи представлен на рисунке 14.

Автоматизация с применением приборов ООО «Горный-ЦОТ»

Работа систем ПГО осуществляются в автоматическом и дистанционном режимах.

Контроль концентрации пыли в атмосфере осуществляется с помощью датчика измерения запыленности ИЗСТ-01 производства ООО «Горный-ЦОТ», представленном на рисунке 15.

На открытых площадках контроль орошения осуществляется с помощью автоматических блоков с возможностью оценки погодных условий, в том числе с помощью прибора СКИП (рисунок 16), который, помимо определения массовой концентрации пыли, позволяет измерять скорость потока воздуха.

Все сигналы о работе оборудования и параметры систем передаются на пульт диспетчера диспетчерского управления станции.

Диспетчер имеет возможность контролировать следующие параметры работы систем ПГО:

- пуск/остановка оросителей;
- передвижение орошающих станций по локации;
- показатели технических характеристик

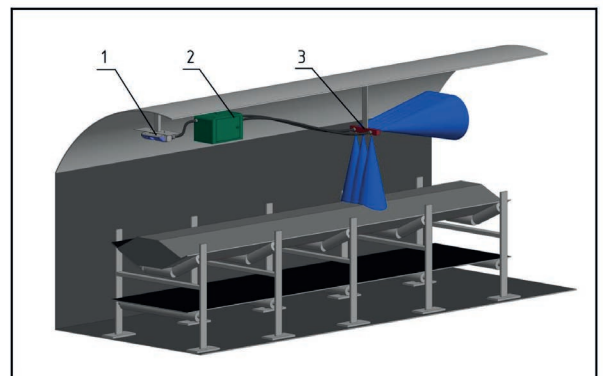


Рисунок 14 – Пример установки системы ПГО в галерее топливоподачи, где 1 – датчик ИЗСТ-01; 2 – блок управления системы ПГО; 3 – блок форсунок системы ПГО
Figure 14 - An example of the installation of the PGO system in the fuel supply gallery, where 1 is the sensor IZST-01; 2 - control unit of the PHI system; 3 - block of injectors of the PHI system



Рисунок 15 – Измеритель запыленности стационарный ИЗСТ-01

Figure 15 - Dust monitor stationary IZST-01

воды и сжатого воздуха;

- показатели технических характеристик запыленности воздуха;
- сигналы об авариях систем ПГО («работает», «не работает»);
- запыленность атмосферы в режиме реального времени;

– другие параметры.

Вывод

Испытания системы ПГО доказали её эффективность. Правильная установка и настройка в помещениях, пересыпах и галереях увеличивает эффект пылеподавления до 98%, а на открытых площадках до 80 %. В сочетании с существующим пылевым экраном эффективность системы ПГО на открытых площадках может достигать 90%.

Применяя последние разработки систем орошения с использованием энергии сжатого воздуха и химической промышленности в области пылеподавления, можно добиться реального уменьшения остаточной запыленности атмосферы, в зависимости от условий, места и объёмов транспортирования и хранения, вплоть до 98 %.

По нашему мнению, системы ПГО должны применяться не только на угольных терминалах морских портов, но и на тепловых электростан-

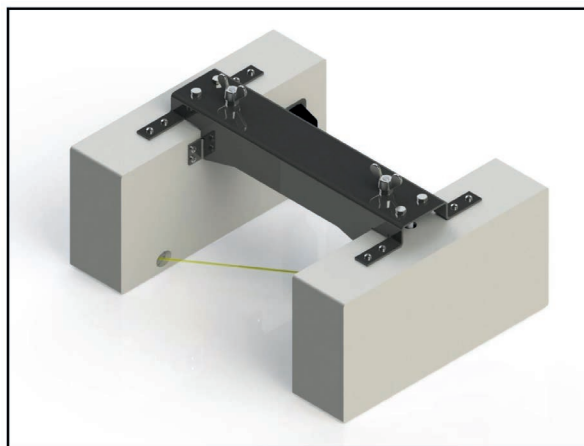


Рисунок 16 – Система контроля интенсивности пылеотложения SKIP
Figure 16 - Dust Intensity Control System SKIP

циях, работающих на твердом топливе как в системах топливоподачи, так и в системах сухого шлакозолоудаления, дробильно-сортировочных комплексах угледобывающих предприятий, а также на обогатительных фабриках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка системы пылеподавления на основе аэрогидродинамического способа обеспыливания воздуха / А. А. Христофоров, П. Ю. Филатов, А. А. Малахов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2014. – № 1
2. Поручение Путина В.В. от 24.08.2017 № Пр-1601
3. Повышение эффективности и улучшение характеристик технологии пылеподавления. Разработка системы пылеподавления с использованием энергии воздуха или газа / А. А. Христофоров, П. Ю. Филатов, С. В. Шатилов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2013.
4. Распыливание Жидкости Форсунками / А. А. Трубицын, А. А. Христофоров (ведущий конструктор ООО «Горный ЦОТ»), А. А. Малахов (ведущий конструктор ООО «ВостЭКО»), А. О. Ребятников // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2014. – № 2
5. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/70700466/#ixzz4tC5T1hZ1>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Аварийность и травматизм на предприятиях угольной промышленности в 2010-2015 годах / А.Р. Литвинов, К. С. Коликов, О. Г. Ишхнели // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2017. – № 2
7. Обзор состояния профессиональной заболеваемости работников угольной промышленности кемеровской области и концепция мировой законодательской деятельности по выявлению и учету профессиональных заболеваний / А. И. Фомин, М. Н. Малышева, И. М. Анисимов, В. В. Соболев, М. С. Сазонов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2017. – № 2

REFERENCES

1. Khristoforov, A., Filatov, P., & Malakhov, A. (2014). Razrabotka sistemy pylepodavleniya na osnove aerogidrodinamicheskogo sposoba obespylevaniya vozdukh [Development of a dust suppression system based on the aerohydrodynamic air de-dusting method]. *Vestnik Nauchnogo Tsentra Po Bezopasnosti Rabot V Ugol'noy Promyshlennosti - Bulletin Of Research Center For Safety In Coal Industry*, (1). [In Russian].
2. President of Russian Federation. (2017). *V.V. Putin's commission. of August 24, 2017 No. Pr-1601*. [In Russian]
3. Khristoforov, A., Filatov, P., & Shatirov, S. (2013). Povysheniye effektivnosti i uluchsheniye kharakteristik tekhnologii pylepodavleniya. Razrabotka sistemy pylepodavleniya s ispol'zovaniyem energii vozdukh ili gaza [Improving the efficiency and improving the characteristics of dust suppression technology. Development of a dust suppression system using air or gas energy]. *Vestnik Nauchnogo Tsentra Po Bezopasnosti Rabot V Ugol'noy Promyshlennosti - Bulletin Of Research Center For Safety In Coal Industry*, (1). [In Russian]
4. Trubitsyn, A., Khristoforov, A., Malakhov, A., & Rebyatnikov, A. (2014). Raspylivaniye Zhidkosti Forsunkami [Spraying Liquids with Injectors]. *Vestnik Nauchnogo Tsentra Po Bezopasnosti Rabot V Ugol'noy Promyshlennosti - Bulletin Of Research Center For Safety In Coal Industry*, (2). [In Russian].
5. Federal'nyy zakon ot 21 iyulya 2014 g. N 219-FZ "O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon "Ob okhrane okruzhayushchey sredy" i otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii" [Federal Law No. 219-FZ of 21 July 2014 "On Amending the Federal Law" On Environmental Protection "and Certain Legislative Acts of the Russian

- Federation"]. (2017). *Base.garant.ru*. Retrieved from <http://base.garant.ru/70700466/#ixzz4tC5abMFG> [In Russian].
6. Litvinov, A., Kolikov, K., & Ishkhneli, O. (2017). Avariynost' i travmatizm na predpriyatiyakh ugol'noy promyshlennosti v 2010-2015 godakh [Accident and Injury at Coal Industry Enterprises in 2010-2015]. *Vestnik Nauchnogo Tsentra Po Bezopasnosti Rabot V Ugol'noy Promyshlennosti - Bulletin Of Research Center For Safety In Coal Industry*, (2). [In Russian]
7. Fomin, A., Malysheva, M., Anisimov, I., Sobolev, V., & Sazonov, M. (2017). Obzor sostoyaniya professional'noy zabolevayemosti rabotnikov ugol'noy promyshlennosti kemerovskoy oblasti i kontseptsiya mirovoy zakonotvorcheskoy deyatel'nosti po vyyavleniyu i uchetu professional'nykh zabolevaniy [Review of the state of occupational morbidity of workers in the coal industry of the Kemerovo region and the concept of world lawmaking activity for the identification and recording of occupational diseases]. *Vestnik Nauchnogo Tsentra Po Bezopasnosti Rabot V Ugol'noy Promyshlennosti - Bulletin Of Research Center For Safety In Coal Industry*, (2).[In Russian].

ООО «ВОСТЭКО»

осуществляет проведение научно-исследовательских работ, создание нормативной документации и другие работы в сфере промышленной безопасности на предприятиях угольной отрасли:

экспертиза промышленной безопасности;
услуги испытательной лаборатории;
разработка инновационных технологий в сфере угледобычи,
выпуск конструкторской документации для их единичного и серийного применения;
патентные исследования;
организация технического обслуживания, ремонта, поверки средств измерений и вспомогательного оборудования.

Россия, г Кемерово,
 650002 Сосновый бульвар,
 1, Кузбасский технопарк
 tsot.company@gmail.com
 тел/факс: 8 (3842) 340670
indsafe.ru



ООО «ГОРНЫЙ-ЦОТ»

серийно производит приборы контроля параметров безопасности рудничной атмосферы угольных шахт

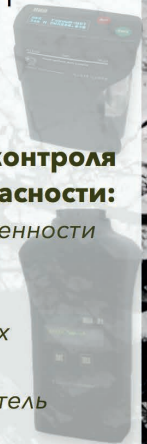
выпускает приборы контроля параметров безопасности:

- **ПКА-01** Прибор контроля запыленности воздуха,
- **ПКП** Прибор контроля пылевзрывобезопасности горных выработок,
- **ИЗСТ-01** Стационарный измеритель запыленности,
- **GaSense** Портативный газоанализатор,
- **GaSos** Стационарный анализатор контроля параметров атмосферы заперемычного пространства,
- **СКП ДС** Система контроля параметров дегазационной сети

разрабатывает системы измерения климатических параметров рудничной атмосферы (температуры; влажности; скорости и направления движения воздуха; давления);

разрабатывает программное обеспечение для встраиваемых систем;

разрабатывает приборы по индивидуальным заказам; производит ремонт выпускаемых приборов.

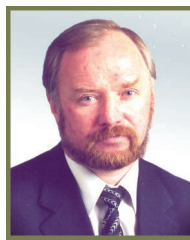




Е.М. Могилева // Ye.M. Mogileva
kolikovks@mail.ru

начальник отдела охраны окружающей среды АО «СУЭК-Кузбасс», Россия, 650051, г. Кемерово, пр-кт Кузнецкий, 127/3

candidate of technical sciences, director of the Center for Pharmaceutical Synthesis and Biotechnology CKP (NOC) RUDN, 127/3, Kuznetskiy Avenue, Kemerovo, 650051, Russia



К.С. Коликов // K.S. Kolikov
kolikovks@mail.ru

д-р техн. наук, заведующий кафедрой Безопасности и экологии горного производства Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ "МИСиС"), Россия, 119991, г. Москва, Ленинский пр-кт, 4

doctor of technical sciences, head of the department of security and ecology of Mining Production National Research Technological University "MISIS" (NITU "MISIS"), 4, Leninskiy Avenue, Moscow, 119991, Russia

УДК 622.411.33

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНОГО МЕТАНА

PROBLEMS AND PROSPECTS OF COAL MINE METHANE

Использование шахтного метана обеспечивает реализацию принципа комплексного освоения месторождения. Актуальность проблемы использования шахтного метана определяется тем, что Указ Президента Российской Федерации от 30 сентября 2013 г. № 752 "О сокращении выбросов парниковых газов" предусматривает обеспечить к 2020 году снижение объема выбросов. В статье обоснована необходимость кардинального роста объемов утилизации шахтного метана, а также усиления роли способов дегазации. Отмечены основные причины низкого уровня утилизации в РФ. Рассмотрены основные направления использования шахтного метана в настоящее время, среди которых отмечены: выработка тепла (топливо в котельных и др. генераторах тепла); выработка электроэнергии (топливо для дизельных двигателей генераторов переменного тока); топливо для автомашин; сырье для химической промышленности. Представлен анализ основных способов утилизации метановоздушных смесей. Выделены три перспективные технологии утилизации метана вентиляционных потоков угольных шахт в атмосферу: термический реактор с реверсируемыми потоками «VOCSIDIZER», разработанный компанией «MEGTEC Systems»; термический реактор с реверсируемыми потоками «VAMOX», разработанный компанией «Biothermica Technologies Inc.»; каталитический реверсивный реактор, разработанный компанией «Canadian Mineral and Energy Technologies». Международная практика показывает, что реализация проектов по утилизации шахтного метана требует, как правило, экономического стимулирования таких работ. В статье приведены основные стимулы и выделены основные направления для решения проблемы утилизации шахтного метана.

The use of coal mine methane ensures the implementation of the principle of integrated development of the deposit. The urgency of the problem of coal mine methane is determined by the fact that the Presidential Decree of September 30, 2013 № 752 "On the reduction of greenhouse gas emissions" is to bring to the 2020 decrease in emissions. The article substantiates the necessity of cardinal growth of the volumes of utilization of mine methane, as well as the strengthening of the role of degassing methods. The main reasons for the low level of utilization in the Russian Federation are noted. The main directions of using coal mine methane at present are considered, among which are: heat generation (fuel in boilers and other heat generators); generation of electricity (fuel for diesel engines of alternators); fuel for motor vehicles; raw materials for the chemical industry. The analysis of the main methods of utilization of methane-air mixtures is presented. Three perspective technologies for recycling methane from the ventilation streams of coal mines to the atmosphere are singled out: a thermal reactor with reversible flows "VOCSIDIZER", developed by MEGTEC Systems; a thermal reactor with reversible flows "VAMOX", developed by the company "Biothermica Technologies Inc."; a catalytic reversible reactor developed by Canadian Mineral and Energy Technologies. International practice shows that the implementation of projects for the utilization of coal mine methane, as a rule, requires the economic stimulation of such works. The article gives the main incentives and identifies the main directions for solving the problem of coal mine methane utilization.

Ключевые слова: МЕТАН, МЕТАНОБЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ, ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГОЛЬНЫЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Key words: METHANE, METHANE SAFETY, ECOLOGY, GREENHOUSE GASES, COAL FIELD, USE, EFFICIENCY

Метан, выделяющийся при подземной разработке угольных месторождений, является не только одной из главных опасностей, но и представляет значительный интерес как сырьевой ресурс.

Повышенный интерес к нему во многом связан не только с решением проблемы метанобезопасности, но и с развитием технологий добычи метана из незгруженных угольных пластов, положивших начало сланцевой революции, а также ростом внимания к вопросу сокращения выбросов парниковых газов. При этом вопросы безопасности при реализации проектов добычи метана из угольных пластов часто используются в рекламных целях.

Использование шахтного метана обеспечивает реализацию принципа комплексного освоения месторождения. Следует отметить, что в этом случае осуществляется интенсивное развитие производства, в то время как при добыче метана из угольных пластов без последующей добычи угля имеет место экстенсивное развитие.

Актуальность проблемы использования шахтного метана определяется тем, что Указ Президента Российской Федерации от 30 сентября 2013 г. № 752 "О сокращении выбросов парниковых газов" предусматривает обеспечить к 2020 году снижение объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов объема указанных выбросов в 1990 году. Для предприятий угольной отрасли с учетом перспектив повышения интенсивности добычи в соответствии с долгосрочной программой её развития и метанообильности это означает необходимость кардинального расширения не только применения дегазации, но и объемов использования шахтного метана.

Утилизация метана в нашей стране остается на недопустимо низком уровне. Так, в 2012 г. объем использованного метана составил менее 118,5 млн. м³, в то время как общий объем метана, извлеченного посредством вентиляции, дегазации и газоотсоса, составил более 1728 млн. м³, т.е. утилизировано менее 7 % извлеченного метана. Системами дегазации было извлечено около 23,5 % метана, на газоотсос приходилось чуть более 13 %, т.е. основная часть метана (более 63 %) удаляется вентиляцией.

Если принять необходимость снижения выбросов метана на 25 % для всей отрасли, то при сохранении структуры извлечения метана без учета увеличения его объема утилизация, даже всего метана, извлекаемого средствами

дегазации, не решает данной проблемы. Это приводит и к необходимости изменения существующего баланса между вентиляционным и дегазационным способами управления газовыделением в сторону последнего.

Все это требует расширения способов утилизации шахтного метана.

Основные причины низкого уровня утилизации в нашей стране:

- нестабильность параметров метановоздушных смесей (МВС);
- рассредоточенность и мобильность источников газа (вакуум-насосных станций);
- недостаточная заинтересованность угледобывающих предприятий в решении данной проблемы.

В развитых угледобывающих странах современное состояние техники и технологии позволяет тем или иным способом утилизировать до 50 % метана, извлекаемого средствами дегазации. В отдельных бассейнах доля используемого метана достигает 80 и более процентов от капируемого.

Основными направлениями использования шахтного метана в настоящее время являются:

- выработка тепла (топливо в котельных и др. генераторах тепла);
- выработка электроэнергии (топливо для дизельных двигателей генераторов переменного тока);
- топливо для автомашин;
- сырье для химической промышленности;

В основном шахтный метан применяют в качестве топлива в шахтных котельных или аналогичных установках. Большой опыт использования метановоздушных смесей накоплен на шахтах Воркутинского месторождения.

Метановоздушная смесь может использоваться либо как основное топливо, либо при низких концентрациях в качестве дутья. Отработана технология совместного сжигания шахтного метана и угля, что обеспечивает наряду с экономическим эффектом и экологические преимущества. Однако нестабильность потребления горячей воды в течение года является дополнительным фактором, сдерживающим широкое внедрение технологии. Поэтому технология сжигания метановоздушных смесей в шахтных котельных не может кардинально решить проблему промышленного, широкомасштабного использования шахтного метана.

Второе направление – выработка электроэнергии – обеспечивает повышение энергооборуженности шахты. Следует отметить, что при

сравнении различных установок по коэффициенту полезного действия (отношение получаемой кинетической энергии, которая может быть использована для вращения генератора, к теплоте сгорания топлива) максимальным обладает ракетный двигатель, однако его прямое использование для получения электроэнергии не известно.

Достаточно успешно используются газотурбинные двигатели, отличающиеся высокой надежностью в работе, поскольку разработаны по требованиям авиационных технологий. Одновременно с высокими надежностью и ресурсом необходимо отметить их высокую цену, особенно зарубежных, что является фактором, сдерживающим широкое применение. Данный способ использования каптируемого метана в промышленном масштабе был испытан в Карагандинском бассейне [1].

К недостаткам этой технологии можно отнести:

- требуемые высокие значения концентрации метана в используемой смеси;
- сравнительно малый гарантированный ресурс работы авиадвигателя;
- необходимость предварительного компримирования смеси до давления $0,8-1,2 \text{ МПа}$, на что затрачивается до 10% производимой комплексом электрической энергии;
- относительно невысокий общий к.п.д. технологии по электрической энергии, не превышающий $18-20 \%$.

В последнее время в нашей стране достаточно широко применяется энергетическая переработка метана в газовых дизелях, служащих приводом электрогенераторов и отбором остаточного тепла продуктов сгорания.

В основном используются зарубежные газомоторные установки. На шахте им. С.М. Кирова эксплуатируются контейнерные теплоэлектростанции Pro-2 (Германия) суммарной мощностью $4 \text{ МВт} \cdot \text{час}$. Данное направление развивается и отечественными предприятиями, так НПО «Союзгазгеология» разработаны электростанции с двигателем ЭП-8 мощностью 8 кВт . На основе исследований ВНИИГАЗа создан ряд двигателей мощностью от $3,5$ до 3500 кВт .

Следует отметить, что выработка электроэнергии, являясь наиболее распространенным способом утилизации, не является наиболее эффективным с экологической и экономической точек зрения. Стоимость электроэнергии при этом выше, чем на крупных тепловых электростанциях [2].

Кроме экологического эффекта, утили-

зация шахтного метана с выработкой электроэнергии позволяет решить вопрос снижения энергоемкости добычи угля, что предусмотрено долгосрочной программой развития угольной промышленности.

Утилизованный метан, как топливо для автомашин, применяется редко из-за сложности обеспечения высокого и стабильного содержания метана. Из известных способов дегазации требуемый компонентный состав обеспечивается только при заблаговременной дегазации угольных пластов, которая в нашей стране еще не нашла применения. Кроме того, при использовании метана в качестве моторного топлива для автотранспорта его влажность должна быть менее 9 мг/м^3 , механические примеси недопустимы.

Известны примеры применения шахтного метана как сырья для химической промышленности. Он служит сырьем для получения формальдегида, метанола, ацетилен, сероуглерода, аммиака, хлороформа, синильной кислоты, водорода и других ценных продуктов. Препятствием для использования шахтного метана как химического сырья является, во-первых, необходимость стабильной и высокой концентрации метана (более 80%), во-вторых, отсутствие соответствующего оборудования, так как применяемое рассчитано на значительные дебиты метана стационарно и отличается высокой металло- и энергоемкостью [3]. Данные проблемы могут быть решены за счет совершенствования способов дегазации и развития способов утилизации для низкодебитных источников. Примером такой технологии является энерготехнологическая переработка метана с получением технического углерода (сажи), который является коммерческим продуктом. Данная технология переработки метана обеспечивает снижение выброса углекислого газа на 50% . При пересчете на единицу вырабатываемой энергии выброс углекислого газа снижается на 35% . Теоретически, изменяя соотношение метана в потоках, направляемых на сжигание и на термообработку, можно снизить выброс углекислого газа на $35-50 \%$ и на $20-25 \%$ снизить потребление кислорода на выработку единицы полезной энергии [4]. Такого экологического эффекта не может обеспечить ни одна из известных технологий промышленной энергетики на углеводородном сырье.

В связи с преобладанием низкоконцентрированных метановоздушных смесей особую роль приобретают технологии утилизации газов этой группы.

На сегодняшний день существуют следующие

щие перспективные технологии утилизации метана вентиляционных потоков угольных шахт в атмосферу [5]:

- термический реактор с реверсируемыми потоками «VOCSIDIZER», разработанный компанией «MEGTEC Systems» (De Pere, Wisconsin, United States);

- термический реактор с реверсируемыми потоками «VAMOX», разработанный компанией «Biothermica Technologies Inc.» (“Biothermica”, Montreal, Canada);

- каталитический реверсивный реактор, разработанный компанией «Canadian Mineral and Energy Technologies» (CANMET—Varenes, Quebec, Canada) специально для вентиляционных потоков угольных шахт.

Все упомянутые реакторы используют принцип окисления метана, содержащегося в вентиляционных потоках угольных шахт.

Однако в настоящее время они еще не вышли из стадии опытно-промышленных испытаний.

Как показала международная практика, реализация проектов по утилизации шахтного метана требует, как правило, экономического стимулирования таких работ [6].

В качестве стимулов для решения данной

проблемы может быть использовано:

- введение налоговых льгот при условии снижения выбросов метана;

- доленое участие кредиторов в прибылях по проектам, обеспечивающим сокращение выбросов метана.

Таким образом, решение проблемы эффективного использования шахтного метана и снижения его выбросов в атмосферу возможно при решении следующих задач:

- разработка и использование способов извлечения кондиционного метана из угольных пластов с обеспечением необходимого коэффициента эффективности дегазации;

- разработка способов и технических средств подготовки извлекаемого газа в соответствии с требованиями промышленных потребителей;

- разработка новых технологий использования шахтного метана с высокой стоимостью полезной продукции;

- разработка технологий промышленного использования низкоконтрированных метановоздушных смесей;

- совершенствование способов экономического стимулирования угольных предприятий по использованию ресурсов угольного метана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шмидт М.В. Снижение эмиссии парниковых газов при метанобезопасной разработке углегазовых месторождений с энергетическим использованием метана. Диссертация докт. техн. наук. М.: МГГУ. 2005. -363 с.
2. Равич М.Б. Газ и эффективность его использования в народном хозяйстве. –М.: Недра, 1987. –238с.
3. Мазаник Е.В., Могилева Е.М., Коликов К.С. К вопросу использования шахтного метана// Горная промышленность. 2014. № 1. С. 59-64.
4. Коликов К.С., Мутушев М.А., Шмидт М.В. Энерготехнологическая переработка метана как способ снижения выбросов парниковых газов// ГИАБ, Сб. науч. трудов “Метан”, 2007, С. 355-360.
5. Ventilation Air Methane oxidation using a VAMOX™ system at an active coal mine in the USA. Nicolas Duplessis, Director of Development, Biothermica Technologies Inc. Montreal, Canada. International Coal Bed and Shale Gas Symposium, 2009 .
6. Guido Droste. Technical requirements regarding the equipment of reciprocating engines in mine gas utilisation – especially for gases with low contents of methane. // Glückauf. – 142 (2006) Nr. 1/2. – P. 45-48.

REFERENCES

1. Shmidt, M. (2005). *Snizheniye emissii parnikovyykh gazov pri metanobezopasnoy razrabotke uglegazovykh mestorozhdeniy s energeticheskim ispol'zovaniyem metana. [Reduction of greenhouse gas emissions in methane-safe development of coal-gas deposits with energy use of methane].* (Doctor of Technical Sciences). MGGU. [In Russian].
2. Ravich, M. (1987). *Gaz i effektivnost' yego ispol'zovaniya v narodnom khozyaystve [Gas and the effectiveness of its use in the national economy].* Moscow: Nedra. [In Russian].
3. Mazanik, Y., Mogileva, Y., & Kolikov, K. (2014). *K voprosu ispol'zovaniya shakhtnogo metana [On the use of mine methane]. Gornaya Promyshlennost' - Mining Industry, (1), 59-64.* [In Russian].
4. Kolikov, K., Mutushev, M., & Shmidt, M. (2007). *Energotekhnologicheskaya pererabotka metana kak sposob snizheniya vybrosov parnikovyykh gazov [Energotecnological processing of methane as a way to reduce greenhouse gas emissions]. GIAB, Metane, 355-360.* [In Russian]
5. Duplessis, N. (2009). *Ventilation Air Methane oxidation using a VAMOX™ system at an active coal mine in the USA. Canada. International Coal Bed and Shale Gas Symposium, 2009.*[In English].
6. Droste, G. (2006). *Technical requirements regarding the equipment of reciprocating engines in mine gas utilisation – especially for gases with low contents of methane. Glückauf, 142 (1/2), 45-48.* [In English].

IV. ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ

IV. PROBLEMS AND OPINIONS



А.А. Харионовский //
A.A. Hariovskiy
mniiiekotek2009@yandex.ru

д-р техн. наук, заместитель генерального директора ООО "МНИИЭКО ТЭК", Россия, 614007, г. Пермь, ул. Николая Островского, 60
dr. techn. sciences, deputy director general of "MNIIEKO TEK", 60, Nikolai Ostrovsky street, Perm, 614007, Russia



М.Ю. Данилова //
K.S. Kolikov
kolikovks@mail.ru

бакалавр ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)», Россия, 141701, г. Долгопрудный Московской области, Институтский пер., 9
bachelor of FGAOU VO "Moscow Institute of Physics and Technology (State University)", 9, Institutsky Lane, Dolgoprudny, the Moscow Region, 141701, Russia

УДК 622.504:622.882

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

RECLAMATION OF DISTURBED LANDS IN THE COAL INDUSTRY

Актуальность вопроса рекультивации нарушенных земель обусловлена тем, что добыча угля как открытым, так и подземным способом неизбежно сопровождается выведением из хозяйственного оборота и нарушением земель различного назначения, изменением рельефа местности и формированием техногенного ландшафта. В статье приведены сведения об объемах нарушения и рекультивации земель в угольной промышленности

В статье рассмотрены направления рекультивации и применяемых технологиях, отечественных разработках и зарубежном опыте. Отмечено, что приоритетными направлениями рекультивации нарушенных земель в угольной промышленности являются: сельскохозяйственное, лесохозяйственное и санитарно-гигиеническое. Отмечено, что качество рекультивированных территорий не всегда находится на должном уровне, что создает трудности при последующем их использовании. Основными причинами низкого качества рекультивации являются отсутствие на стадии разработки проектов рекультивации необходимого объема исходных данных о составе и свойствах почвогрунтов и породной массы отвалов, недостаток специальных технических средств для выполнения рекультивационных работ на высоком уровне, отсутствие ландшафтного подхода к восстановлению нарушенных территорий. Мероприятия по предупреждению самовозгорания породных отвалов закладываются в проекты и осуществляются на практике не в полном объеме, что приводит к возникновению пожаров.

Приведены две новые разработки в области рекультивации: микробиологический способ, разработанный АО "МНИИЭКО ТЭК", и способ восстановления биологической продуктивности нарушенных земель, предложенный Научно-исследовательским институтом аграрных проблем Хакасии СО РАНХ.

Определены проблемные вопросы в сфере рекультивации и перечень мероприятий по улучшению состояния охраны земельных ресурсов. В статье показано, что для улучшения состояния в сфере охраны земельных ресурсов в угольной промышленности необходимо совершенствование применяемых технологий горных работ в целях снижения их землеемкости, соединение в единый комплекс вскрышных работ на разрезах с техническим этапом рекультивации, применение пожаробезопасных технологий формирования породных отвалов, повышение качества проектов рекультивации и выполнения рекультивационных работ.

The urgency of the issue of reclamation of disturbed lands is due to the fact that coal mining by both open and underground methods is inevitably accompanied by exclusion from economic circulation and violation of lands for various purposes, by changing the terrain and forming an industrial landscape. The article contains information on the volumes of disturbance and reclamation of lands in the coal industry

In the article the directions of reclamation and applied technologies, domestic developments and foreign experience are considered. It was noted that the priority areas for reclamation of disturbed lands in the coal industry are: agricultural, forestry and sanitary-hygienic. It is noted that the quality of the recultivated areas is not always at the proper level, which creates difficulties in their subsequent use. The main reasons for the low quality of reclamation are the lack of the necessary amount of initial data on the composition and properties of soil and rock mass of the dumps at the development stage of the reclamation projects, the lack of special technical means for performing remediation works at a high level, the lack of a landscape approach

to the restoration of disturbed areas. Measures to prevent spontaneous combustion of rock dumps are laid in projects and are not implemented in practice in full, which leads to the occurrence of fires.

Two new developments in the field of reclamation are presented: the microbiological method developed by MNIIECO TEK JSC, and the method for restoring the biological productivity of disturbed lands, proposed by the Scientific Research Institute of Agricultural Problems of Khakassia SB RAAS.

Identified problem issues in the field of reclamation and a list of measures to improve the state of protection of land resources. In the article it is shown that in order to improve the state in the sphere of land resources protection in the coal industry, it is necessary to improve the applied mining technologies in order to reduce their land-carrying capacity, to unite overburden operations on the sections with the technical stage of reclamation, to use fireproof technologies for formation of waste dumps, to improve quality projects of reclamation and implementation of remediation works.

Ключевые слова: УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, НАРУШЕННЫЕ ЗЕМЛИ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ, СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ, ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ, МЕРОПРИЯТИЯ

Key words: COAL MINING, DISTURBED LANDS, RECLAMATION, METHODS AND TECHNIQUES, ISSUES, EVENTS

Добыча угля как открытым, так и подземным способом неизбежно сопровождается выведением из хозяйственного оборота и нарушением земель различного назначения, изменением рельефа местности и формированием техногенного ландшафта. В 2016 г. предприятиями отрасли нарушено 5161,4 га, рекультивировано 964,2 га (табл. 1).

Удельная землеёмкость горных работ составила 13,4 га/млн. т добычи угля. Доля рекультивированных земель в объеме нарушенных колеблется по годам в значительных пределах и в 2016 г. составила 18,7 %. В связи с увеличением объемов добычи угля и опережающим ростом открытого способа добычи в угольной отрасли сложилась устойчивая тенденция роста площади ежегодно нарушаемых земель. За последние 5 лет (2012-2016 годы) она увеличилась на 23,4 %. Площадь ежегодно рекультивированных земель за этот же период уменьшилась на 5,6 %. Ежегодные объёмы рекультивации существенно

отстают от объёмов нарушения, разрыв между ними увеличивается, общая площадь нарушенных земель в отрасли растёт с каждым годом. На конец 2016 г. она достигла 111,5 тыс.га. В то же время на большинстве предприятий, за исключением вновь вводимых и с небольшим сроком службы, имеются значительные площади отработанных земель, которые не задействованы в производственном процессе, не будут пользоваться в дальнейшем и подлежат рекультивации. Площадь отработанных земель в отрасли на конец 2016 г. составила 17,0 тыс.га. Наибольшие площади нарушенных и отработанных земель имеются на предприятиях Кузбасса, Восточной Сибири и Дальнего Востока, то есть в регионах с высоким уровнем добычи угля открытым способом.

К нарушенным землям относятся породные отвалы, промплощадки, провалы и прогибы земной поверхности, карьерные выемки, выведенные из эксплуатации золо- и шламонакопители, отстойники и пруды-отстойники, загрязнённые

Таблица 1. Площади нарушенных и рекультивированных земель в 2016 году

Угольная промышленность, бассейны и регионы	Площадь нарушенных земель за год, га	Площадь рекультивированных земель за год, га	Общая площадь нарушенных земель на конец 2016 г., тыс. га
Угольная промышленность	5161,4	964,2	111,5
Донецкий бассейн	7,1	0	0,2
Кузнецкий бассейн	3171,5	152,7	68,5
Канско-Ачинский бассейн	158,4	50,2	5,8
Печорский бассейн	28,1	0	1,0
Якутский бассейн	790,2	237,7	6,6
Подмосковный бассейн	0	19,0	0,2
Урал	0	0	2,4
Восточная Сибирь	517,9	319,6	16,5
Дальний Восток	488,2	185,0	10,3

ные, деградированные и подвергшиеся ветровой и водной эрозии земли. В соответствии с требованиями природоохранного законодательства рекультивация нарушенных земель осуществляется по утверждённым проектам. Необходимым условием высокого качества разрабатываемых проектов рекультивации является наличие у разработчиков полного объёма исходных данных, получаемых на подготовительном этапе, предстоящем или выполняемом в процессе разработки проекта.

Подготовительный этап предусматривает выполнение следующих работ:

- обследование нарушенных территорий, выявление особенностей рельефа местности, характера и степени нарушений;
- оценка природно-климатических условий района;
- изучение геологического строения месторождения, подлежащей рекультивации территории, технологии горных работ;
- проведение исследований минералогического и гранулометрического состава горных пород и почвогрунтов, их водно-физических, химических и агрохимических свойств;
- изучение гидрологических условий;
- оценка пригодности горных пород и почвогрунтов к биологической рекультивации;
- проведение вегетационных опытов (при необходимости);
- определение рационального направления рекультивации и целевого использования рекультивируемых земель;
- установление требований к техническому и биологическому этапам рекультивации.

При ведении горных работ, особенно на разрезах, происходит разрушение вскрышных и вмещающих горных пород различного состава, их перемешивание в процессе транспортировки и размещения в отвалах. На поверхности отвала могут оказаться породы, содержащие в своём составе токсичные вещества, непригодные для биологической рекультивации по минералогическому составу и агрохимическим свойствам. Технология формирования породного отвала должна предусматривать размещение таких пород по возможности внутри отвала и перекрытие породами, максимально пригодными для биологической рекультивации. Климатические условия, рельеф местности, гидрологические условия оказывают существенное влияние на выбор видового состава трав, кустарников и деревьев, наиболее устойчивых в данных условиях.

Почвогрунты, вмещающие и вскрышные породы по степени пригодности для биологиче-

ской рекультивации делятся на 3 категории [1]:

- а) пригодные (плодородные, потенциально плодородные);
- б) малопригодные (по физическим или химическим свойствам);
- в) непригодные (по физическим или химическим свойствам).

Критериями пригодности почвогрунтов для биологической рекультивации являются величина pH , сухой остаток, подвижный алюминий, ёмкость поглощения натрия, гумус, содержание мелкой фракции.

Каждая из категорий почвогрунтов, вскрышных и вмещающих пород, подлежащих рекультивации, требует индивидуального подхода. Особый подход необходим к рекультивации фитотоксичных горных пород.

К фитотоксичным породам относятся пиритсодержащие (сульфидсодержащие) и сильносолённые породы. При окислении пирита образуется свободная серная кислота, сернокислое железо и сернокислый алюминий, величина pH водной вытяжки понижается до 3,5 и менее. В результате этого возникает весьма неблагоприятная среда для роста и развития растений. Процесс окисления пирита зависит от состава пород, содержания в них пирита, активизируется под влиянием тионовых бактерий и носит длительный характер, что необходимо учитывать при расчёте доз нейтрализующих материалов.

Приоритетными направлениями рекультивации нарушенных земель в угольной промышленности являются:

- сельскохозяйственное (сельскохозяйственные угодья на площадях, пригодных по рельефу, качеству почвогрунтов, слагающих верхние горизонты, с учётом нанесения рекультивационного слоя);
- лесохозяйственное (лесопосадки на землях, передаваемых в лесной фонд, на которых может быть обеспечено возобновление леса ценными породами);
- санитарно-гигиеническое (посев трав, посадка кустарников и деревьев).

Однако в практической деятельности предприятий отрасли рекультивация нарушенных земель проводится преимущественно в санитарно-гигиеническом направлении, которое предъявляет наименьшие требования к качеству рекультивированных земель и выполняется с минимальными затратами. По данным за 2016 г. в сельскохозяйственном направлении рекультивировано 25 % общей площади рекультивированных земель, в лесохозяйственном направлении – 27 %, в санитарно-гигиеническом и других

направлениях – 48 %.

Рекультивационные работы проводятся, как правило, в 2 этапа: технический и биологический. Перечень работ технического этапа рекультивации определяется на стадии разработки проекта индивидуально для каждого конкретного объекта с учётом характера и степени нарушения, состава и свойств почвогрунтов и требований последующего этапа рекультивации.

На угольных разрезах с целью сокращения сроков и затрат на рекультивацию внутренних отвалов технический этап рекультивации совмещается с производством вскрышных работ и формированием отвалов, а также используется веерная отсыпка породы на верхнем ярусе отвала. Рекультивационные работы обычно ведутся с применением имеющейся горной техники: экскаваторов, отвалообразователей, бульдозеров, скреперов, автосамосвалов.

Перечень работ, выполняемых на последующем этапе после проведения технического этапа рекультивации, определяется принятым направлением рекультивации в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями.

Биологический этап рекультивации проводится при сельскохозяйственном, лесохозяйственном и санитарно-гигиеническом направлениях рекультивации и включает общепринятые в сельском и лесном хозяйствах процессы: известкование кислых пород и почвогрунтов, гипсование засоленных почвогрунтов, нанесении плодородного слоя почвы (ПСП) или слоя потенциально плодородных пород (ППП), внесение удобрений, вспашку (рыхление), посев районированных сортов трав, посадку кустарников и деревьев, полив при недостатке влаги и другие агрохимические мероприятия.

Традиционная технология рекультивации, широко применяемая на предприятиях угольной промышленности, заключается в технической подготовке рекультивируемой территории, проведении агрохимических мероприятий, посеве районированных сортов трав или посадке кустарников и деревьев.

Качество земель рекультивированных по традиционной технологии, не всегда соответствует предъявленным требованиям. Показатель биологической продуктивности рекультивированных земель, как показывают исследования, составляет в среднем 30 % от зональных почв.

Рекультивация породных отвалов имеет свои особенности в связи с различием состояния отвала, состава и свойств отвальных пород, формы и параметров отвала. В общем случае технология рекультивации должна предусма-

тривать понижение конических и хребтовых отвалов, выполаживание откосов, нарезку террас, создание экраняющего слоя, нанесение ПСП или ППП, внесение мелиорантов и минеральных удобрений, посев трав или посадку древесно-кустарниковых культур. В зависимости от природно-климатических условий района могут создаваться оросительные или дренажные системы.

При рекультивации породных отвалов для строительных целей важное значение придаётся увеличению несущей способности их поверхности путём уплотнения с использованием специальной техники. В Японии для упрочения грунта используют высокопрочные и долговечные гели и различные строительные растворы.

Отдельную проблему представляет собой рекультивация кислых породных отвалов. Опыты, проведённые в США, показали, что применение только одной извести является недостаточно эффективным. Наилучшие результаты получены при предварительном известковании, внесении осадка хозяйственных сточных вод и фосфорных удобрений перед посевом многолетних трав.

Для закрепления и озеленения откосов отвалов и карьерных выемок используются смеси различных материалов, включая вяжущие и плёнкообразующие вещества, измельчённый торф, солому, органические отходы, удобрения, мульчирующие материалы, различные препараты, способствующие разрыхлению и аэрации почвы, которые наносятся на откосы методом гидропосева. Ассортимент применяемых плёнкообразователей довольно широк: полимеры, латексы, синтетические смолы, битумные эмульсии, отходы нефтепереработки и целлюлозно-бумажной промышленности.

Особые подходы необходимы также при рекультивации отвалов, сложенных горными породами, склонными к самовозгоранию. Для снижения риска самовозгорания таких отвалов разрыв между отсыпкой породы, формированием ярусов отвала и рекультивацией должен быть минимальным. Способы и технологические схемы формирования отвалов, основанные на этом принципе, разработаны и успешно применяются на ряде угольных разрезов России и зарубежных стран [2].

К проблемным вопросам рекультивации в угольной промышленности относятся:

- не востребуемость в ряде регионов рекультивированных земель и их последующего целенаправленного использования со стороны региональных и местных органов исполнительной власти;
- отсутствие, как правило, на стадии про-

ектирования результатов исследований минералогического и дисперсного состава, физико-механических, агрофизических и агрохимических свойств почвогрунтов, позволяющих обоснованно выбирать направление и технологию рекультивационных работ;

- недостаток специальных технических средств для выполнения рекультивационных работ на высоком уровне и ограниченные масштабы их применения;

- отсутствие ландшафтного подхода к восстановлению нарушенных территорий;

- отсутствие действенных экономических стимулов и механизмов скорейшего восстановления нарушенных земель, выведенных из эксплуатации.

К новым отечественным разработкам в области рекультивации относятся микробиологический способ, разработанный АО "МНИИЭКО ТЭК", и способ восстановления биологической продуктивности нарушенных земель, предложенный Научно-исследовательским институтом аграрных проблем Хакасии СО РАНХ.

Микробиологический способ рекультивации (патенты РФ 2072756, 2181933) основан на использовании активных штаммов микроорганизмов, способствующих повышению биологической активности почвогрунтов, накоплению в них органического вещества и элементов питания в доступной для растений форме, позволяет в короткие сроки создать плодородный слой почвы и устойчивый травостой. Способ успешно прошёл испытания в угольных бассейнах, находящихся в различных природно-климатических зонах. С его применением восстановлено более 1,5 тыс. га нарушенных земель. Однако широкого практического применения в угольной отрасли до настоящего времени этот способ не получил.

Способ биологической рекультивации, разработанный НИИ аграрных проблем Хакасии (патент РФ 2498069), заключается в посеве трав и древесно-кустарниковых пород во впадинах невыровненной поверхности породных отвалов с одновременным высевом в бороздах на вершинах технологических гребней селитрянки сибирской. В течение двух вегетационных сезонов растения покрывают вершину гребня, затягивают верхние части его склонов укореняющимися побегами. В результате этого сокращается время получения полного проективного покрытия поверхности породных отвалов. Способ успешно прошёл промышленные испытания на разрезе "Черногорский" ООО "СУЭК-Хакасия" и рекомендован к применению в условиях засушливых степных зон Средней Сибири.

Методические подходы к рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в зарубежных странах в целом аналогичны применяемым в России. Главное их отличие заключается в более тщательном изучении на предпроектной стадии вопросов последующего целенаправленного использования рекультивированных территорий. С учётом окружающего ландшафта, природно-климатических условий и потребностей населения близлежащих населённых пунктов на месте нарушенных земель создаются сады и виноградники, парки, зоны отдыха с водоёмами для купания, автостромы, спортивно-оздоровительные центры и другие объекты социально-культурного и производственного назначения. В первую очередь это характерно для стран Европы с ограниченными территориями и высокой плотностью населения (Германия, Венгрия, Чехия и др.).

Для улучшения ситуации в сфере охраны земельных ресурсов в угольной промышленности необходимо:

- постоянное совершенствование технологий горных работ в направлении снижения их землеёмкости, максимально возможного размещения вскрышных пород разрезов во внутренних отвалах;

- соединение в единый комплекс вскрышных работ и отвалообразования на разрезах с техническим этапом рекультивации;

- совершенствование применяемых и разработка новых более эффективных способов технической и биологической рекультивации с учетом природно-климатических условий;

- выполнение проектов рекультивации нарушенных земель на основе полного объёма исходных данных, в том числе данных о составе и свойствах горных пород и почвогрунтов;

- применение в проектах рекультивации породных отвалов, сложенных склонными к самовозгоранию горными породами, технологий формирования, обеспечивающих одновременно с отсыпкой горной массы осуществление мероприятий по профилактике самовозгорания и проведение рекультивационных работ;

- расширение исследований по изучению экологического состояния нарушенных и рекультивированных земель, динамики изменения свойств и режимов формирующихся экосистем, созданию искусственных ландшафтов различного назначения.

Выводы

1. С ростом объемов добычи угля и опережающим развитием открытого способа площадь ежегодно нарушаемых земель предприятиями

отрасли непрерывно увеличивается, при этом уровень рекультивации земель не превышает 50 %, что приводит к накоплению в отрасли общей площади нарушенных земель. В то же время на большинстве предприятий имеются значительные площади обработанных земель, которые в настоящее время не используются и не будут использоваться в будущем и подлежат рекультивации.

2. Рекультивация земель в отрасли осуществляется преимущественно в санитарно-гигиеническом, лесохозяйственном и сельскохозяйственном направлениях. Качество рекультивированных территорий не всегда находится на должном уровне, что создает трудности при последующем их использовании. Основными причинами низкого качества рекультивации являются отсутствие на стадии разработки проектов рекультивации необходимого объема исходных данных о составе и свойствах

почвогрунтов и породной массы отвалов, недостаток специальных технических средств для выполнения рекультивационных работ на высоком уровне, отсутствие ландшафтного подхода к восстановлению нарушенных территорий. Мероприятия по предупреждению самовозгорания породных отвалов закладываются в проекты и осуществляются на практике не в полном объеме, что приводит к возникновению пожаров.

3. Для улучшения состояния в сфере охраны земельных ресурсов в угольной промышленности необходимо совершенствование применяемых технологий горных работ в целях снижения их землеемкости, соединение в единый комплекс вскрышных работ на разрезах с техническим этапом рекультивации, применение пожаробезопасных технологий формирования породных отвалов, повышение качества проектов рекультивации и выполнения рекультивационных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

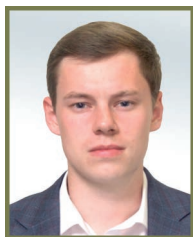
1. Чибрик, Т. С. Основы биологической рекультивации / Т. С. Чибрик. – Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2002. – 172 с.
2. Литвинов, А. Р. Технологии формирования пожаробезопасных породных отвалов / А. Р. Литвинов. и др. // Уголь. – 2013. – 7. – С. 79-83..

REFERENCES

1. Chibrik, T. S. (2002). *Osnovy biologicheskoy rekul'tivatsii [Basics of biological recultivation]*. Yekaterinburg: publishing house of Ural University. [In Russian]
2. Litvinov A. R., Kharionovsky A. A., Novikova E. V., & Igoshin V. M. (2013). *Tekhnologii formirovaniya pozharobezopasnykh porodnykh otvalov [Technology of forming fireproof spoil dumps]*. *Ugol - Coal*, (7), 79-83. [In Russian]

V. ПЕРВЫЕ НАУЧНЫЕ ОЧЕРКИ

V. FIRST SCIENTIFIC ESSAYS



■ **З.В. Аксенов // Z.V. Aksenov**
aksenov.zakhar@yandex.ru

студент пятого курса группы ИРС-501, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
fifth-year student of group IRs-501, Peoples' Friendship University of Russia, 6, Miklouho-Maclay street, Moscow, 117198, Russia

УДК 622.1

О ВЛИЯНИИ ГЕОАКТИВНЫХ ЗОН ПРИРОДНОГО И ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ON THE INFLUENCE OF GEOACTIVE ZONES OF NATURAL AND ARTIFICIAL ORIGIN ON THE ACCURACY OF SURVEYING MEASUREMENTS

Выполнены исследования условий образования аномальных маркшейдерских ошибок в геоактивных зонах земли. В статье показано, что в результате воздействия искусственной геоактивной зоны как модели геоактивной зоны (естественной, природной) пространство способно деформироваться (проявлять нелинейность), что может приводить к значительным аномальным погрешностям при маркшейдерских и геодезических работах.

Поставлена и проведена серия экспериментов с устройством, позволяющим создавать искусственные геоактивные зоны как модели природных. В ходе экспериментов было доказано, что инструментально-приборным способом в полевых условиях на всех стадиях функционирования горнодобывающего предприятия возможно выявлять и учитывать погрешность в результате воздействия геоактивной зоны при проведении маркшейдерских и геодезических работ.

В статье показано, что возможно учитывать аномальные свойства геоактивных зон земли при проведении маркшейдерских и геодезических работ на всех стадиях работы горнодобывающего предприятия, повышая безопасность организации и ведения горных работ. В статье сделаны выводы о том, что при дальнейшем изучении воздействия геоактивной зоны возможно разработать научно-обоснованную методологию выявления и численного учёта погрешностей в результате воздействия неэлектромагнитной природы излучения, а так же о том, что знания о неэлектромагнитной природе излучения крайне важны для организации и выполнения маркшейдерских и геодезических работ

The conditions for the formation of anomalous surveying errors in the geoactive zones of the earth have been studied. The article shows that as a result of the impact of an artificial geoactive zone as a model of a geoactive zone (natural, natural), space can deform (exhibit nonlinearity), which can lead to significant anomalous errors in mine surveying and geodetic work.

A series of experiments has been set up and carried out with a device that allows creating artificial geoactive zones as natural models. During the experiments it was shown that the instrumental and instrumental way in the field at all stages of operation of the mining enterprise may identify and take into account the error in the result of the impact of geo-active zones during surveying and geodetic works.

The article shows that it is possible to take into account the anomalous properties of geoactive zones of the earth during surveying and geodetic work at all stages of the mining enterprise, increasing the safety of organization and conducting mining operations. The article concludes that when further studying the effect of the geoactive zone, it is possible to develop a scientifically grounded methodology for identifying and numerically taking errors as a result of the non-electromagnetic nature of radiation, and also that knowledge of the non-electromagnetic nature of radiation is extremely important for organizing and performing surveyor and geodetic works

Ключевые слова: ГЕОАКТИВНАЯ ЗОНА ЗЕМЛИ, ИСКУССТВЕННАЯ ГЕОАКТИВНАЯ ЗОНА ЗЕМЛИ, ГЕНЕРАТОР ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН, МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Key words: GEOACTIVE ZONE OF THE EARTH, ARTIFICIAL GEOACTIVE ZONE OF THE EARTH, GENERATOR OF GRAVITATIONAL WAVES, MARKSHEDER MEASUREMENTS

Введение
Обширные практические результаты маркшейдерских измерений (например, [1, 2]) показали, что аномальные погрешности результатов замеров могут сильно зависеть от влияния геоактивных зон на поверхности земли и в толще горных пород. В первом случае, при сбойке наклонной выработки с квершлагом погрешность составила порядка 6-7 метров. Во втором случае, при разбивке профиля в условиях предгорий, на одном из реперов угловая ошибка составила 15 градусов. Для условий упомянутой восстающей выработки было замечено, что утяжелённый отвес постоянно совершал вращательные движения по часовой стрелке, образуя конус. И как было отмечено очевидцами событий в обоих случаях – «...терялась ориентация..., трудно было взять отсчёт из-за угнетения сознания...».

Как показали первоначальные поиски информации о таких событиях, они аномальны, но явно не уникальны. В практике маркшейдерских измерений и в большей части горного производства вообще встречаются события и факты, которые труднообъяснимы с общепринятых позиций и представлений современного естествознания. Так, например, существует проблема - при сбойке встречных горных выработок они зачастую не совпадают на несколько метров вместо допустимой погрешности в сантиметры, что приводит к непредвиденным затратам, снижению безопасности и экологичности. Случаи таких несовпадений необъяснимы с пониманием точности применяемого инструментария и возможностей маркшейдерии.

В своём исследовании автор не будет придерживаться заранее избранной парадигмы, а попытается разобраться в этом феномене с позиций беспристрастного исследователя. Так же, будет придерживаться гипотезы о взаимосвязи всех процессов и явлений в природе, и, как следствия, что при изменении одного из параметров системы изменяются (взаимодействуют) все остальные.

Научное предположение и пути решения

Сопоставляя и анализируя обстоятельства, факты и условия, представленных и иных аналогичных событий, автором было сделано предположение, что причиной неточностей измерений и изменённых состояний сознания человека, являются проявления воздействия геоактивных зон (далее – ГАЗ). ГАЗ проявляют своё воздействие на поверхности земли, в горных выработках шахт, рудников, тоннелях метропо-

литенов, объектах подземного, промышленного и гражданского строительства, природных объектах земли, посредством потока излучения неэлектромагнитной природы, взаимодействуя и влияя на вещество и электромагнитные процессы, сознание человека и прочее. Допустимо предположить, что сопутствующим феноменом, а может быть и основной составляющей влияния ГАЗ на человека, могут являться изменённые состояния сознания человека – Пси-фактор (далее – ИСС), которые, в свою очередь, и являют примеры «операторских» ошибок, к кругу которых относятся и маркшейдерские измерения.

Из приведенного предположения следует, что при маркшейдерских и геодезических замерах, возможно учитывать две погрешности, являющиеся составляющими одного феномена – ГАЗ - это погрешность непосредственного физического влияния ГАЗ на условия распространения света (отражённый видимый спектр). Осмелимся предположить, что это искривление пространства-времени и как следствие – ИСС во время производства измерений. Крайний при-

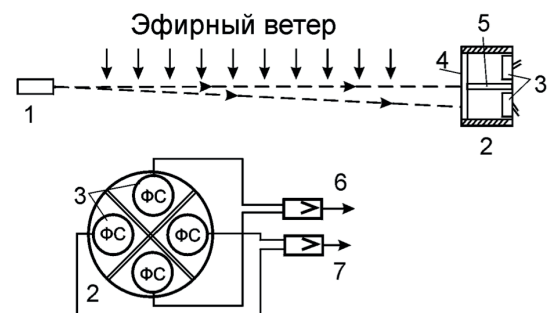


Рисунок 1 – Схема измерения НЭПИ с помощью лазерного луча: 1 – лазер; 2 – детектор; 3 – фотосопротивления; 4 – матовое стекло; 5 – непрозрачная перегородка; 6 – усилитель сигнала вертикального отклонения луча; 7 – усилитель сигнала горизонтального отклонения луча.
Figure 1 - Scheme of NEPI measuring with a laser beam: 1 - laser; 2 - detector; 3 - photoresistors; 4 - frosted glass; 5 - an opaque septum; 6 - the amplifier of a signal of a vertical deviation of a beam; 7 - the amplifier of a signal of a horizontal deviation of a beam.

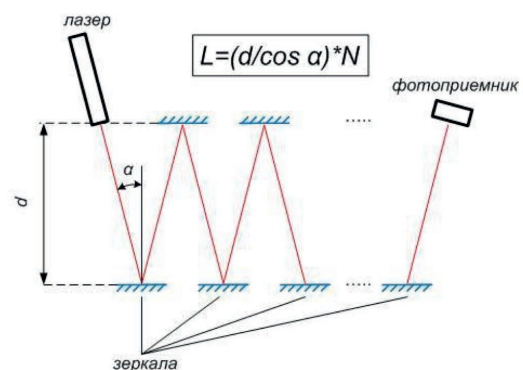


Рисунок 2 – Принципиальная схема оптического пути лазерного луча в ПНЭПИ-1
Figure 2 - Schematic diagram of the optical path of the laser beam in PNEPI-1



Рисунок 3 – Фотография ПНЭПИ-1 с выводом данных результатов измерений на персональный компьютер со специализированным программным обеспечением
 Figure 3 - PNEPI-1 photo with the conclusion of the given results of measurements on the personal computer with the specialized software

веденный фактор, в свою очередь, может подразделяться на собственно ИСС (Пси-фактор) и изменения, вызванные влиянием ГАЗ на оптозрительный аппарат человека (глазное яблоко).

В случае, если научная догадка окажется верна, и будет установлена взаимосвязь влияния ГАЗ различного генезиса, на условия распространения света и ИСС человека, тогда открываются ранее недоступные возможности понимания многих процессов и явлений. В части прикладного применения нашего исследования должно стать повышение точности маркшейдерских измерений, выполняемых в особых условиях влияния ГАЗ и, как следствие, повышение безопасности производства горных работ в целом.

Итак, была задумана и осуществлена серия экспериментов, направленных на установление факта и возможности влияния искусственной геоактивной зоны (далее – ИГАЗ) на пространственно-временные характеристики и ИСС человека при производстве маркшейдерских измерений.

В исследовании применён специальный генератор гравитационных волн

И.М. Шахпоронова (далее – СГТВШ) [3], организующий ИГАЗ, способную искривлять прохождение лазерного луча (и/или отражённого видимого спектра) за счет гравитационных эффектов (см. <http://www.belres.org/data/documents/sh006.pdf>).

Эксперимент 1.

Был поставлен эксперимент, который показал неравномерность пространства (искривление) в ИГАЗ, неравномерность света, идущего от источника (лазерный луч) и также света отра-



Рисунок 4 – Фотография собранной схемы эксперимента
 Figure 4 - Photo assembled circuit experiment 1

женного (видимый спектр маркера).

Физический смысл эксперимента довольно прост, лазерный луч и видимый спектр света, проходя расстояние не менее 2,5-3,0 м. в ИГАЗ может отклоняться на величину, доступную для фиксации, например, в 0,01 мм (минимальная чувствительность прибора). В [4] отклонение лазерного луча объясняется действием эфирного ветра, мы же будем применять прибор, изготовленный по схеме В.А. Ацюковского, для исследования неэлектромагнитной природы излучения (далее – НЭПИ) в ИГАЗ, следуя требованиям [5, 6].

Прибор измерения влияния ГАЗ и ИГАЗ (далее – ПНЭПИ-1) по [4] принципиальная схема и фото приведены на рисунках 1, 2, 3.

Для создания и исследования ИГАЗ активного типа (в ходе экспериментов стало ясно, что

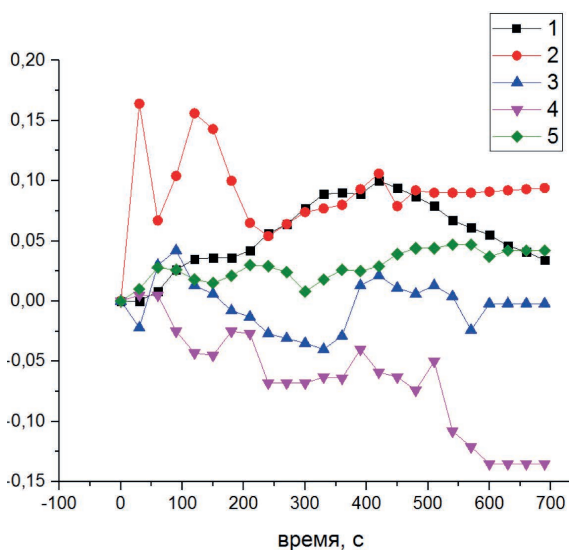


Рисунок 5 – Зависимость разбалансировки моста фоторезисторов в результате воздействия НЭПИ во времени
 Figure 5 - Dependence of bridge unbalance of photoresistors as a result of NEPI effect in time

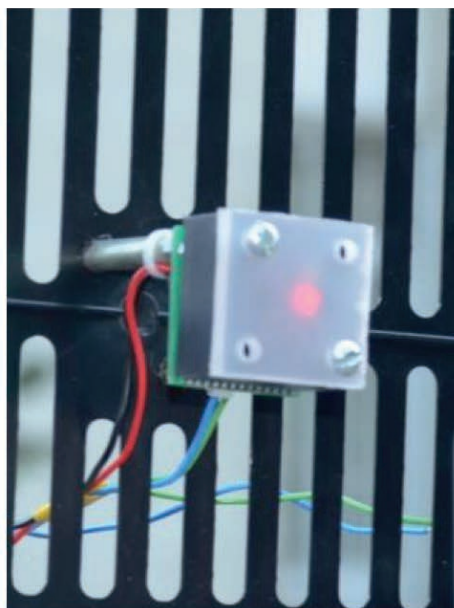


Рисунок 6 – Неподвижный маркер в виде светоприёмника и сверхточный теодолит T-1, совмещённый с юстируемым источником лазерного луча

Figure 6 - A stationary marker in the form of a light detector and an ultra-accurate theodolite T-1, combined with an adjustable source of a laser beam

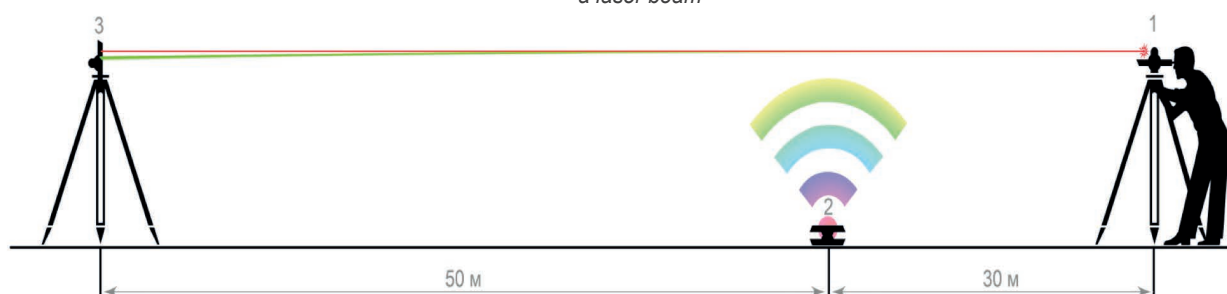


Рисунок 7 – Схема эксперимента 2

Figure 7 - Scheme of experiment 2



Рисунок 8 – Схематическая фотография эксперимента 2

Figure 8 - Schematic picture of experiment 2

возможно также строить ИГАЗ пассивного типа) был использован специальный генератор гравитационных волн Шапхаронова И.М. (Далее – ГГВШ), фото собранной схемы эксперимента с ПНЭПИ-1 и персональным компьютером со специализированным программным обеспечением приведены на рисунке 4.

СГГВШ в данном эксперименте функционировал в одном режиме с фиксированной мощностью, создавая гравитационную линзу вокруг себя. В связи с чем, были предприняты пять вариантов размещения ПНЭПИ-1 по отношению к создаваемой гравитационной линзе ИГАЗ.

Результаты полученных данных представ-

Таблица 2 – Результаты эксперимента №2

№ п/п	Состояние СГГВШ	Расстояние от тела исполнительного устройства до лазерного луча	Разбаланс моста фоторезисторов, мВ, усредненное значение	Линейное/угловое отклонение луча лазера, мм/грд. мин.сек
1	Выключен	0,02	0	0/0
2	Включен	0,02	517	0,15/00°00'0.40"
3	Выключен	0,50	0	0/0
4	Включен	0,50	- 375	- 0.1/00°00'0.25"

лены на графике (рис. 5), где 1 график - Цилиндр вдоль зеркал $H=0,5$ м, 2 график - Цилиндр поперёк зеркал $H=0,5$ м, 3 график - Цилиндр вдоль зеркал $H=0,0$ м, 4 график - Цилиндр поперёк зеркал $H=0,0$ м, 5 график - Цилиндр к зеркалам под 45° $H=0,0$ м.

Как это следует из схемы экспериментальной установки (рис. 1) разбалансировка моста фоторезисторов, зафиксированная в эксперименте, достигается за счет отклонения лазерного луча, падающего на датчик, от начального положения, фиксируемого в начале эксперимента до включения СГГВШ.

Анализ представленных на рисунке 5 зависимостей показывает, что эффект отклонения лазерного луча от начального положения в результате воздействия гравитационной линзы ИГАЗ существует, причем довольно существенно зависит от взаиморасположения ПНЭПИ-1 и СГГВШ.

В данном эксперименте максимальное отклонение луча составило $0,15$ В как в плюс так и в минус, чтобы понять велико ли полученное значение в переводе на линейные величины необходимо прямое измерение линейных параметров искривления луча с одновременной фиксацией выходных параметров ПНЭПИ-1.

Эксперимент 2.

Для определения влияния ИГАЗ на отраженный свет видимого диапазона совместно с лазерным лучом и представления полученных результатов в линейных величинах проведем следующий эксперимент.

Используем СГГВШ, сверхточный теодолит Т-1, совмещенный с юстируемым источником лазерного луча и неподвижным маркером в виде светоприёмника (далее – ПНЭПИ-2) (рис. 6).

Вывод данных результатов измерений на персональный компьютер осуществляется при использовании специализированного программного обеспечения, как показано на схеме экспе-

римента 2 (рис. 7) и схематичном фото (рис. 8).

Длина от теодолита до ИГАЗ составляла 30 м., от ИГАЗ до маркера светоприёмника - 50 м. Эксперимент проводился в коридоре здания общей длиной 85 м. Замеры проводились при отключенном СГГВШ; включенном, с расстоянием от тела исполнительного устройства СГГВШ до лазерного луча $0,02$ м.; и вторым аналогичным положением в $0,5$ м. В настройке на неподвижную метку, видимую в визире теодолита, наводился лазерный луч, тем самым совмещались на маркере-светоприёмнике, видимая ось теодолита и точка лазерного луча. Затем включался СГГВШ на двух означенных расстояниях в одном режиме, производились замеры отклонения лазерного луча посредством светодиодного приёмника. Полученные параметры фиксировались в милливольтках, затем, при отключенном СГГВШ, лазерный луч наводился на метку светоприёмника с получением ранее зафиксированных параметров (при включенном СГГВШ и тем самым искривленном пространстве). Результаты эксперимента сведены в таблицу 2.

Выводы и обсуждение результатов.

Анализируя полученные результаты серии проведенных экспериментов, были сделаны следующие выводы:

1. В результате воздействия искусственной геоактивной зоны как модели геоактивной зоны (естественной, природной) пространство способно деформироваться (проявлять нелинейность), что может приводить к значительным аномальным погрешностям при маркшейдерских и геодезических работах;

2. Инструментально-приборным способом в полевых условиях на всех стадиях функционирования горнодобывающего предприятия, возможно, выявлять и учитывать погрешность в результате воздействия геоактивной зоны при проведении маркшейдерских и геодезических работ;

3. При дальнейшем изучении воздействия

геоактивной зоны, возможно, разработать научно-обоснованную методологию выявления и численного учёта погрешностей в результате воздействия неэлектромагнитной природы излучения при проведении маркшейдерских и геоде-

зических работ;

4. Знания о неэлектромагнитной природе излучения крайне важны для организации и выполнения маркшейдерских и геодезических работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаев Ю. Ошибка маркшейдера [Электронный ресурс] // Проза.ру, 2012. URL: <https://www.proza.ru/2012/12/10/1529> (дата обращения: 10.12.2012)
2. Исаев Ю. Ошибка геодезиста [Электронный ресурс] // Проза.ру, 2012. URL: <http://www.proza.ru/2013/09/20/1834> (дата обращения: 20.09.2013)
3. Станцо, В. Мебиус. Иван и его монополи // Техника-Молодежи. – 1996. – 10.
4. Ацюковский, В. А. Общая эфиродинамика. Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире. 2-е изд.РАЕН / В. А. Ацюковский. – М. : Энергоатомиздат, 2003.
5. Гудков, В. М. "Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений". Учебник для вузов / В. М. Гудков, А. В. Хлебников. – М. : Недра, 1990. – 335 с.
6. Киселев, М. И. "Инженерная геодезия". Учебник для вузов / М. И. Киселев. и др. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 473 с.
7. Некрасов, В. А. Новые возможности организации здорового образа жизни в свете открытия в биосфере геометрического устройства левизны правизны и диссимметрии / В. А. Некрасов. // Современные медицинские технологии. – 2009. – 2. – С. 32-33.
8. Некрасов, В. А. Поле формы, биосферные патогенные зоны и здоровье человека / В. А. Некрасов. – Тверь : Триада, 2009. – 144 с.
9. Некрасов, В. А. Открытые законы Геометрического устройства энергии левизны-равизны и диссимметрии в биосфере и в организме человека / В. А. Некрасов. // Материалы Международного научного конгресса-2010 «Фундаментальные проблемы естествознания и техники».-Спб.. – 2010.
10. Некрасов, В. А. Биосферные патогенные зоны, их влияние на все виды хозяйственной деятельности и на здоровье человека / В. А. Некрасов. // Материалы Международного научного конгресса-2010 «Фундаментальные проблемы естествознания и техники».-Спб.

REFERENCES

1. Isayev Yu. *Oshibka marksheydera [Isaev Yu. Mine surveyor error]*. (2012). *Proza.ru*. Retrieved 10 December 2012, from <https://www.proza.ru/2012/12/10/1529> [In Russian].
2. Isayev Yu. *Oshibka geodezista [Isaev Yu. Land surveyor error]*. (2013). *Proza.ru*. Retrieved 20 September 2013, from <http://www.proza.ru/2013/09/20/1834> [In Russian].
3. Stanzo, V. (1996). *Mebius. Ivan i yego monopoli [Möbius. Ivan and his monopoly]*. *Tekhnika-Molodezhi – Technology-Youth*, (10). [In Russian].
4. Atsyukovskiy, V. (2003). *Obshchaya efirodinamika. Modelirovaniye struktur veshchestva i poley na osnove predstavleniy o gazopodobnom efire. 2-ye izd.RAYEN [A general ether-dynamics. Modeling of structures of matter and fields on the basis of concepts of a gas-like ether. 2nd ed.RAEN]*. Moscow: Energoatomizdat. [In Russian].
5. Gudkov, V. and Khlebnikov, A. (1990). *Matematicheskaya obrabotka marksheydersko-geodezicheskikh izmereniy. Uchebnik dlya vuzov [Mathematical processing of surveying-geodetic measurements. Textbook for high schools]*. Moscow: Nedra. [In Russian].
6. Kiselev, M. & et al. (2004). *Inzhenernaya geodeziya. Uchebnik dlya vuzov [Engineering geodesy. Textbook for high schools]*. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya» - Publishing Center "Academy" [In Russian].
7. Nekrasov, V. (2009). *Novyye vozmozhnosti organizatsii zdorovogo obraza zhizni v svete otkrytiya v biosfere geometricheskogo ustroystva levizny pravizny i dissimmetrii [New possibilities of organizing a healthy lifestyle in the light of the discovery in the biosphere of the geometric device of leftism right and dissymmetry]*. *Sovremennyye meditsinskiye tekhnologii - Modern medical technologies*, (2), pp.32-33. [In Russian].
8. Nekrasov, V. (2009). *Pole formy, biosfernyye patogennyye zony i zdorov'ye cheloveka [Field of form, biosphere pathogenic zones and human health]*. Tver: Triada. [In Russian].
9. Nekrasov, V. (2010). *Otkrytyye zakony Geometricheskogo ustroystva energii levizny-ravizny i dissimmetrii v biosfere i v organizme cheloveka [The Open Laws of the Geometric Device of Levitic-Ravism Energy and Dissymmetry in the Biosphere and in the Human Body]*. *Materialy Mezhdunarodnogo Nauchnogo Kongressa-2010 «Fundamental'nyye Problemy Yestestvoznaniya I Tekhniki» - Materials Of The International Scientific Congress-2010 "Fundamental Problems Of Science And Technology"*. [In Russian].
10. Nekrasov, V. (2010). *Biosfernyye patogennyye zony, ikh vliyaniye na vse vidy khozyaystvennoy deyatel'nosti i na zdorov'ye cheloveka [Biosphere pathogenic zones, their impact on all types of economic activity and on human health]*. *Materialy Mezhdunarodnogo Nauchnogo Kongressa-2010 «Fundamental'nyye Problemy Yestestvoznaniya I Tekhniki» - Materials Of The International Scientific Congress-2010 "Fundamental Problems Of Science And Technology"*. [In Russian].

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ РЕКЛАМНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Научно-технический журнал «Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности» приглашает научные институты, организации и промышленные предприятия разместить информацию о конференциях, выставках, разрабатываемой и выпускаемой продукции в области охраны труда, безопасности в чрезвычайных ситуациях, пожарной и промышленной безопасности в угольной промышленности, контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, а также приборостроения.

РАЗМЕРЫ РЕКЛАМНЫХ МОДУЛЕЙ:

- размер для 1 полосы: 216*303 мм, включая по 3 мм на обрезку с каждой стороны внешнего периметра, на корешок допуск ставить не нужно.
- 1/2 полосы вертикальная: 103*303 мм,
- 1/2 полосы горизонтальная: 216*151 мм
- 1/3 полосы горизонтальная: 216*92 мм
- 1/4 полосы горизонтальная: 216*67 мм
- 1/4 полосы вертикальная в верхнем или нижнем внешнем углу страницы: 103*151 мм

ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ СТАТЬЯМ

1. Текст для статьи предоставляется только в текстовом редакторе Word.
2. Объем статьи: не более 4500 печатных знаков с пробелами (без изображений). При использовании фотографий объем текста пропорционально уменьшается.
3. Требования к фотографиям: формат *.eps* или *.tiff* с разрешением 300 dpi.
4. Логотип – в форматах *.cdr*, *.eps*, при этом шрифты должны быть переведены в кривые.
5. Текст рекламной статьи должен включать заголовок (подзаголовок), выходные данные заказчика: название, адрес, телефон, электронный адрес компании.

ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ МАКЕТАМ

1. Размер электронного макета должен соответствовать размерам рекламного модуля.
2. Растровые файлы должны быть в форматах *.tif*, *.psd*, *.eps* с разрешением 300 dpi, векторные – *.ai*, *.eps* и *.cdr*.
3. Оригинал-макеты передаются в цветовой модели CMYK без компрессии.
4. Верстка может быть в форматах Adobe Illustrator, Corel Draw, Adobe InDesign (в этом случае должны предоставляться все связанные элементы, а также все используемые шрифты, обязательно макет должен так же прилагаться в pdf).
5. В макете, подготовленном в пакете Corel Draw не допускается наличие следующих эффектов: shadow, transparency, gradient fill, lens, texture fill и postscript fill. Все вышеперечисленные эффекты Corel Draw должны быть конвертированы в bitmap 300 dpi.
6. Черный цвет текста должен состоять только из черного канала – C:0, M:0, Y:0, K:100 или 100 Black в одноцветной шкале Grayscale.
7. Все текстовые элементы оригинал-макета должны быть переведены в кривые.
8. Текст и важные изображения (логотип и т. п.) не должны располагаться ближе 5 мм к обрезному краю.

Информация о расценках на размещение рекламы размещена на сайте www.ind-saf.ru.

Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных материалов.



indsafe.ru

ООО «ВостЭКО»

Уважаемые партнёры!

**Редакция журнала «Вестник»
предоставляет вам возможность
размещения рекламных и
информационных материалов на
страницах нашего издания и на
сайте журнала.**

Журнал адресован профессионалам и одинаково полезен как ученым, аспирантам, студентам вузов, так и практикам – руководителям высшего и среднего звена, а также инженерно-техническим работникам. «Вестник» – это уникальное в своем роде научно-техническое издание по вопросам промышленной безопасности, входящее в перечень журналов ВАК.

**Журнал "Вестник" – это
эффективная возможность для
размещения рекламы:**

Обращаем внимание на соответствие исходных материалов требованиям редакции.

Рекламные модули должны быть в форматах eps, pdf или tif разрешением 300 dpi. Другие технические требования уточняйте в редакции

Тираж издания: **1000** экземпляров

Периодичность выхода: **4** раза в год

Формат: **A4**

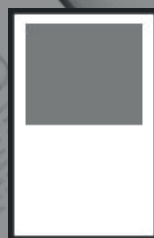
Предусмотрены скидки в зависимости от объема и количества публикаций.

Контакты редакции журнала «Вестник»
г Кемерово, Сосновый бульвар, 16, оф 228
тел/факс: 8 (3842) 340670
email: dtrubitsyna@gmail.com

ind-saf.ru



A4



1/2 A4



2 A4 - разворот



1/4 A4 (горизонтальная
полоса)



1/4 A4 (вертикальная
полоса)

ТРЕБОВАНИЯ, УСЛОВИЯ И ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ В НТЖ «Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности»

I. Порядок представления материалов в редакцию

1. В журнал принимаются статьи, соответствующие его тематике – охрана труда, безопасность в чрезвычайных ситуациях, пожарная и промышленная безопасность в угольной промышленности, приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

2. Статья должна быть оригинальной, не представленной в других изданиях.

3. На основании положений части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации (раздел VII «Права на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации») представляемые в журнал статьи должны сопровождаться лицензионным договором о передаче ООО «ВостЭКО» (издатель журнала) простой (неисключительной) лицензии. Договор заполняется на бланках по образцам лицензионных договоров с одним или коллективом авторов (при написании статьи несколькими авторами). Лицензионный договор является договором присоединения. Необходимо заполнить и подписать договор, отсканированный вариант отправить по e-mail: yarosh_mv@mail.ru, два первых экземпляра оформленного договора отправить в редакцию по почте: 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, д. 1, ООО «ВостЭКО». Договор, подписанный автором/авторами и направленный по электронной почте, признается равнозначным документу на бумажном носителе, подписанному собственноручной подписью, порождающим права и обязанности сторон. Скачать бланки договора можно на сайте www.indsafe.ru.

II. Форма представления рукописи

1. Рукопись представляется отпечатанной в текстовом редакторе Word через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги формата А4 и в электронном виде (передается по электронной почте yarosh_mv@mail.ru или на магнитном носителе).

2. Все страницы рукописи, включая таблицы, список литературы, рисунки должны быть пронумерованы. Рекомендуемый объем статьи 5–7 страниц. Статья должна быть подписана всеми авторами.

3. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Подготовка электронной версии материалов

1. Текст набирается шрифтом Arial, размер шрифта 10, для заголовка 14, полуторный интервал, абзацный отступ 1,25 см, формат листа А4. Поля с левой стороны 3 см, сверху и снизу 2 см, справа 1,5 см;

2. Электронная версия должна быть идентична распечатанному тексту. В случае расхождения за основу берется печатный вариант.

Структура статьи

1. Индекс УДК.

2. Фотографии всех авторов (форматы: TIF, Jpeg, Png, не сканированные, не ретушированные, не обрезанные, разрешение 300 dpi).

3. Инициалы и фамилия автора (ов).

4. Место работы.

5. Название статьи.

6. Реферат. *Реферат должен быть информативным, отражать основное содержание статьи и результаты исследований, следовать логике описания результатов в статье, укладываться в объем от 100 до 250 слов. Возможно краткое повторение структуры статьи, включающей введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение.*

7. Ключевые слова.

8. Текст статьи с таблицами, иллюстрациями, формулами.

9. Список литературы (оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 - 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»).

На отдельном листе или в конце статьи размещается «Список авторов», который должен содержать:

- публикуемые сведения об авторах (название организации указывается в соответствии с учредительными документами);
- служебные или домашние адреса с указанием почтового индекса;
- адрес электронной почты (e-mail).

Обращаем ваше внимание, что представление оригинальной статьи к публикации в НТЖ означает согласие авторов на передачу права на воспроизведение, распространение и доведение произведения до всеобщего сведения любым способом.

Редколлегия



ind-saf.ru
Новый сайт журнала "Вестник"

<http://ind-saf.ru/>

Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности (Industrial Safety)

ISSN 2072-6554

DOI 10.26631/issn.2072-6554

Журнал включен в ВАК



«Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук».

Тираж 1000 экземпляров



выходит с 2005 года
ежеквартально (в марте, июне,
сентябре и декабре)

Включен в мировые базы



Вестник проходит индексацию в российских базах данных научного цитирования **РИНЦ**, так и в международных базах - **Google Scholar**, **ICI World of Journals**, **ResearchBib**, **SIS**. Включен в каталог периодических изданий **Ulrichsweb**

Мы открыты также для партнёрских отношений и готовы пригласить Вас в ряды наших авторов:
ind-saf@yandex.ru

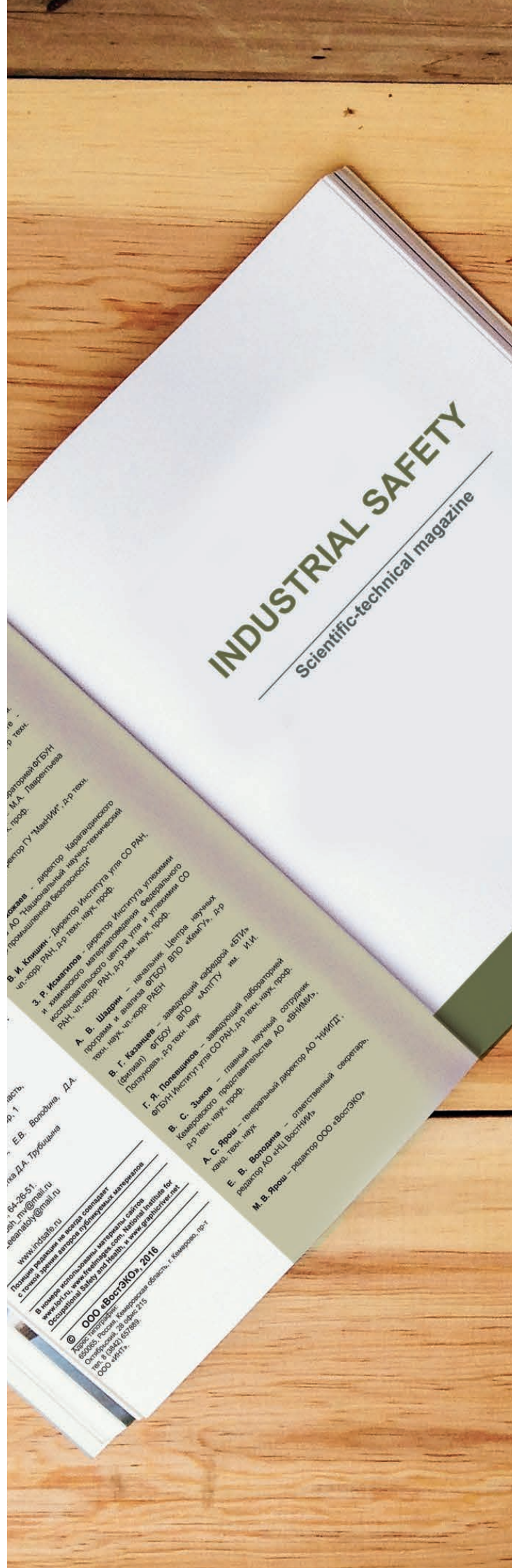
INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

CYBERLENINKA

Scientific Indexing Services

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

С августа 2017 года заключён договор с агентством Crossref и всем выпускам научно-технического журнала «Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности // Industrial Safety», а также всем статьям журнала будет присваиваться **номер DOI**.

Цифровой идентификатор объекта (DOI, Digital Identifier of an Object) — стандарт обозначения представленной в сети информации об объекте (обычно, но не обязательно, об электронном документе или цифровом объекте) ГОСТ Р ИСО 26324-2015.

DOI "Вестника" 10.26631/issn.2072-6554

DOI — это путь к документу в общем информационно-виртуальном пространстве (как правило, в Интернете), для получения необходимой информации. Адреса URL длинные, неудобны и могут изменяться, а номер *DOI* всегда остается неизменным, и по нему с легкостью можно найти журнал или статью. Это стандарт, с которым работают издательства со всего мира. Кроме того, мировое научное сообщество не признает электронные публикации без номера **DOI**, так как без него статья недостаточно стабильна в Интернете и может исчезнуть, что отрицательно сказывается на индексировании цитируемости.

Номера DOI журналов и статей «Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности» будут указаны на их страницах на сайте журнала ind-saf.ru

Поиск по номеру DOI может осуществляться после размещения выпуска журнала в РИНЦ или Cyberlelinka (не ранее 2-х недель после выхода журнала) на сайтах **CrossRef**.

После присвоения статье DOI необходимо указывать его в библиографическом описании статьи.



СЛОВО РЕДАКТОРА // EDITORIAL

5 Трубицына Н. Trubitsyna N.

АКТУАЛЬНО // IMPORTANT

6 Интервью с заместителем губернатора кемеровской области по тэк
Е. В. Хлебуновым
Interview with **E. V. Khlebunov** the deputy governor of the Kemerovo region
for the fuel and energy sector

**I. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОМЕХАНИКА // INDUSTRIAL SAFETY AND GEOMECHANICS**

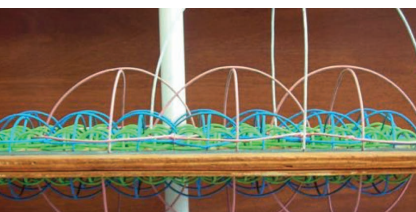
10 **А. В. Шадрин, А. С. Телегуз.** Перспективы применения акустических методов при прогнозе и предотвращении газодинамических явлений и крупноплощадных обрушений кровли в угольных шахтах

A. V. Shadrin, A. S. Teleguz. Prospects of application of acoustic methods for the prediction and prevention of gas dynamic phenomena and large-arising roof cranes in coal minings

II. ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ // FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY

16 **М. С. Плаксин.** Применение технологии гидроразрыва угольного пласта при проведении подготовительных выработок

M. S. Plaksin. Hydraulic destruction method application for preparatory opening heading



23 **М. В. Шинкевич, Е. Н. Козырева, М. С. Плаксин, Р. И. Родин.**

Методические основы прогноза динамики метанообильности выемочного участка при отработке мощных и сближенных пластов длинными столбами
M. V. Shinkevich, Ye. N. Kozyreva, M. S. Plaksin, R. I. Rodin. Methodical bases of the extraction section methane inflow dynamics forecast when working out thick and adjacent seams with long pillars

30 **Е. Н. Козырева.** Возможности повышения эффективности управления газовыделением на выемочном участке

E. N. Kozyreva. Opportunities to increase gas emission control efficiency at the extraction section

36 **А. И. Фомин, Д. А. Бесперстов, С. Ю. Сайбель.** Пожарные риски и их влияние на риск-ориентированный подход при организации и осуществлении федерального государственного пожарного надзора

A. I. Fomin, D. A. Besperstov, S. Yu. Saybel. Fire risks and their impact on the risk-oriented approach in the organization and implementation of federal state fire supervisions

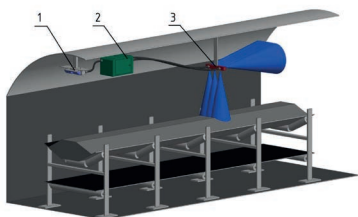
III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ // TECHNOLOGICAL QUESTIONS OF MINING WORK SAFETY

46 **А. С. Ярош, В. И. Бунин, Ю. В. Малахов, В. Б. Попов, А. С. Голик, А. А. Черепов.** Обоснование разработки мобильного многофункционального горноспасательного комплекса, с элементами роботизации, для ликвидации последствий аварий в горных выработках шахт и рудников

A. S. Yarosh, V. I. Bunin, YU. V. Malakhov, V. B. Popov, A. S. Golik, A. A. Cherepov. Rationale for the development of a mobile multifunctional mine rescue complex, with elements of robotics, for the elimination of the consequences of accidents in mine workings

51 А. В. Хромов, С. В. Бычков. Медпрепараты, применимые при остром отравлении угарным газом в шахтах. Заменители плазмы крови. Голубая кровь

A. V. Khromov, S. V. Bychkov. Medications which can be used in case of carbon monoxide acute poisoning in the mines. Blood plasma substitutes. Blue blood



57 А. А. Христофоров, Д. А. Кузнецов, И. А. Артюшин. Способы и средства борьбы с пылью и контроля концентрации пыли в атмосфере угольных терминалов морских портов с использованием последних достижений в области автоматизации и пылеподавления

A. A. Khristoforov, D. A. Kuznetsov, I. A. Artyushin. Methods and means of dust control and control of dust concentration in the atmosphere of the coal terminals of marine ports with the use of the latest achievements in automation and dust supply

68 Е. М. Могилева, К. С. Коликов. Проблемы и перспективы использования шахтного метана

Ye. M. Mogileva, K. S. Kolikov. Problems and prospects of coal mine methane

IV. ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ // PROBLEMS AND OPINIONS

72 А. А. Харионовский, М. Ю. Данилова. Рекультивация нарушенных земель в угольной промышленности

A. A. Kharyonovsky, M. Yu. Danilova. Reclamation of disturbed lands in the coal industry

V. ПЕРВЫЕ НАУЧНЫЕ ОЧЕРКИ // FIRST SCIENTIFIC ESSAYS

78 З. В. Аксенов. О влиянии геоактивных зон природного и искусственного происхождения на точность маркшейдерских измерений

Z.V. Aksenov. On the influence of geoactive zones of natural and artificial origin on the accuracy of surveying measurements



84 ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ МАТЕРИАЛАМ // ADVERTISING MATERIALS REQUIREMENTS

86 ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ // DEMANDS TO ARTICLES

90 СОДЕРЖАНИЕ // CONTENT

Подписано в печать 20.09.2017. Тираж 1000 экз. Формат 60x90 1/8.
Выпуск 3-2017, дата выхода в свет 25.09.2017
Объем 10 п. л. Заказ № 3 2017 г. Цена свободная.
Типография ООО «ИНТ».
650065, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т Октябрьский, 28 офис 215
Тел. 8 (3842) 657889.