

«ТВОЯ НАУКА»  
Международный научно-издательский центр  
г. Москва

Сборник статей  
X Международной научно-практической конференции

**«АКТУАЛЬНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
И ИННОВАЦИИ В НАУКЕ  
И ТЕХНИКЕ»**

Москва  
МНИЦ «Твоя наука»  
2023

**УДК 082**

**ББК 60+65**

**A43**

**A43 АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ:** сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Москва: Международный научно-издательский центр «Твоя наука». – 2023. – 315 с.

Сборник содержит статьи участников X Международной научно-практической конференции «Актуальные исследования и инновации в науке и технике», состоявшейся 18 декабря 2023 г. в г. Москва.

В сборнике научных трудов рассматриваются современные научные проблемы и практики применения результатов научных исследований. Материалы сборника предназначены для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов в целях применения в научной работе и учебной деятельности.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

**Ответственный редактор:** *Емельянов Н.В.*, руководитель МНИЦ «Твоя наука».

**Научный редактор:** *Кетова К.В.*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова.

**Рецензент:** *Акифи О.И.*, кандидат филологических наук, доцент кафедры русского языка БГТУ им. В.Г. Шухова.

УДК 082  
ББК 60+65

© МНИЦ «Твоя наука», 2023  
© Коллектив авторов, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

### *ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ*

**ПЕТРОВА Е.С., КРАМОРЕВА Л.И., ВИГУРСКАЯ М.Ю.** ФОРМИРОВАНИЕ ПСЕВДО – БЕССЕЛЕВА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СВЕТОВОГО ПУЧКА С ПОМОЩЬЮ ДУБЛЕТА АКSIKОН – СФЕРИЧЕСКОЕ ЗЕРКАЛО ..... 7

### *ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ*

**ККАРИТА СУКАРИ АНИЕЛЬ НОЕМИ** АНАЛИЗ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОВОЙ СМЕСИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ С ДОБАВКОЙ БАЗАЛЬТА..... 17

### *ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*

**АКСЕНОВ О.Р., МИХАЙЛОВА О.В.** СЕНСОРЫ И ИХ РОЛЬ В ВОСПРИЯТИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ ..... 23

**АКСЕНОВ О.Р., МИХАЙЛОВА О.В.** ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ..... 29

**АПЁНКИН Д.Е., МАРЧЕНКО Д.И., КОКОРЕВ И.С.** ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ И РАЗРЕЗАХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ ..... 37

**АПЁНКИН Д.Е., МАРЧЕНКО Д.И., СПИРИДОНОВ В.В.** ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ..... 43

**ГЕЛЬГЕНБЕРГ И.О., ПИЧУГИН В.А., СПИРИДОНОВ В.В.** СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ИНЕРТНОЙ СРЕДЕ ..... 51

**ГЕЛЬГЕНБЕРГ И.О., ПИЧУГИН В.А., СПИРИДОНОВ В.В.** АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ШАХТ ..... 60

**ГЕРИЛОВИЧ Д.А.** СТРУЙНЫЕ АППАРАТЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ..... 68

**ЖУКОВА Т.Ю.** ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ – ГЕОМАТА С ГРУНТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ И ПОСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ..... 75

**ЗАХАРОВ Д.П.** ТЕХНИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ НА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТАХ..... 82

**КИЯМОВА Р.Р.** ГИБКИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ..... 90

**МАРТЫНОВ А.А.** ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ..... 94

УДК 622.4

**Гельгенберг Илья Олегович**  
**Gilgenberg Ilya Olegovich**

Студент  
Student

**Пичугин Владимир Александрович**  
**Pichugin Vladimir Alexandrovich**

Аспирант  
Graduate student

**Волошин Владимир Анатольевич**  
**Voloshin Vladimir Anatolyevich**

Кандидат технических наук  
Candidate of Technical Sciences  
Научный руководитель  
Scientific supervisor  
Доцент  
Docent

**Спиридонов Вадим Вячеславович**  
**Spiridonov Vadim Vyacheslavovich**

Аспирант  
Graduate student

**Михайлова Ольга Владимировна**  
**Mikhailova Olga Vladimirovna**

Кандидат технических наук  
Candidate of Technical Sciences  
Научный руководитель  
Scientific supervisor  
Доцент  
Docent

Сибирский государственный индустриальный университет  
Siberian State Industrial University  
Новокузнецк, Россия  
Novokuznetsk, Russia

## **СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ИНЕРТНОЙ СРЕДЕ**

## **MODERN MINING TECHNOLOGY IN AN INERT ENVIRONMENT**

**Аннотация:** В России 80% шахт являются потенциально метановзрывоопасными. Ситуация с метановой опасностью за последние годы существенно обострилась. Попытки понять, что на сегодняшний день происходит, приводят к мысли, что все применяемые на сегодняшний день методы «борьбы с

метаном», включая проветривание, газоуправление, дегазацию и др. не могут в полной мере обеспечить безопасность в современных метанообильных высокопроизводительных шахтах. Для обеспечения безопасности предлагается использовать технологию автоматизированной безлюдной выемки угля при помощи роботизированных комплексов вместе с инертной газовой средой.

**Abstract:** In Russia, 80% of mines are potentially methane-explosive. The situation with the methane hazard has significantly worsened in recent years. Attempts to understand what is happening today lead to the idea that all methods of "methane control" used today, including ventilation, gas control, degassing, etc. they cannot fully ensure safety in modern methane-producing high-performance mines. To ensure safety, it is proposed to use the technology of automated unpopulated coal mining using robotic complexes together with an inert gas environment.

**Ключевые слова:** инертная газовая среда, автоматизированная безлюдная выемка угля, проветривание, дегазация.

**Key words:** inert gas environment, automated unpopulated coal mining, ventilation, degassing.

Комплекс существующих способов проветривания с технологиями дегазации находятся на пределе развития своих возможностей и имеет на сегодняшний день больше вид выдыхающегося стайера на марафонской дистанции, приближающегося к финишу, чем перспективной технологии. Исторически, до появления А.А. Скочинского, Г.Д. Лидина, Н.В. Ножкина в 1940-60-е гг. и др., то же самое произошло с возможностями проветривания шахт отдельно. По данным [1, 2] общие показатели дегазации в Кузбассе ухудшились.

Поэтому необходимо по-новому объективно взглянуть на нетрадиционные подходы к современной способам добычи угля подземным способом в пользу применения альтернативных технологий.

Одним из направлений решения проблемы высокогазоносных шахт авторами предлагается ранее известная, но несправедливо

забытая возможность добычи угля с использованием инертных газовых сред в сочетании с ведением горных работ без постоянного присутствия людей в рабочих зонах с применением передовых цифровых, автоматизированных и/или роботизированных технологий, обеспечивающих возможность удаленной работы производственного персонала – автоматизированная безлюдная выемка угля (далее - АБВУ).

Сущность технологии заключается в том, что процессы по добыче угля, связанные с выделением метана, сопряженные с опасностями для горнорабочих, выполняются в изолированном от общешахтной атмосферы пространстве, заполненном взрывобезопасной (инертной) смесью газов. Работы производятся дистанционно управляемыми, автоматизированными или роботизированными комплексами оборудования, обслуживающий персонал в это время находится в хорошо проветриваемых горных выработках или на поверхности [3].

У некоторых специалистов-горняков упоминание о существовании данной технологии с начала вызывает чувства скептицизма, однако после ознакомления с имеющимися аспектами истории развития идеи, непременно появляется понимание, что предлагаемый способ скорее относится к «hi-tech», у которой есть возможность продвинуть в эволюционном отношении вперед технологии подземной добычи угля глубоких шахт Кузбасса и этим самым ознаменовать рождение следующей эпохи горного производства.

Группой компаний «Цифра» совместно с Министерством энергетики РФ проведено масштабное исследование, целью которого выступало определение уровня цифрового развития крупнейших игроков рынка угледобычи. Результаты исследования показали, что большинство участвующих в опросе компаний на начальном пути

внедрения цифровых технологий, в то время как другие уже используют самые передовые зарубежные практики по автоматизации производства. Средний уровень цифровой зрелости составил 53,89% (табл. 1).

Впервые способ предотвращения взрывоопасных ситуаций путем создания в выработках искусственной невзрывоопасной атмосферы с заполнением рабочего пространства горных выработок «мертвым воздухом» предложил ещё академик Академии наук СССР А. А. Скочинский в 1950-х годах прошлого столетия [4]. На 1-ой Всесоюзной конференции по технике безопасности и горноспасательному делу в каменноугольной промышленности в 1932 г. (г. Донецк), он говорил: «Не было бы правильнее, вместо того, чтобы гонять гремучий газ по всему руднику, умертвлять этого злого врага угольных шахт, как только он выделяется в угольную выработку, расщепляя, поглощая или хотя бы ослабляя его взрывчатые свойства...».

Широкое развитие идея получила в 70-80-х годах при выполнении комплексной научно-исследовательской работы «Шахта будущего» по заданию Совета Министров СССР у академика Академии наук СССР А. С. Бурчакова [5].

В 1990-х годах по заказу АОТ «Ленинскуголь» на поле шахты «Комсомолец» (Кузбасс) в рамках Государственной научно-технической программы «Недра России» утвержденной Министерством науки России при поддержке Государственной угольной компании «Росуголь» в 1993 г. даже планировалась опытно-промышленные испытания технологии АБВУ при отработке пласта «Бреевский» на горизонте – 200 м согласно научно-технического проекта института «Кузбасгипрошахт» (г. Кемерово) под контролем Московского государственного горного университета (МГГУ). Для этого был привлечен целый ряд специализированных научных и

производственных объединений России: институты «Гипроуглемаш» и «Гипроуглеавтоматизация», НПО «Точных приборов», ИМАШ РАН, РосНИИГД, ТамбовНИХИ, ВостНИИ [3, 6].

Результатов опытно-промышленные испытания на шахте «Комсомолец» опубликовано не было, по всей видимости, в сложные для страны 90-е, на фоне общего падения уровня добычи угля в Кузбассе, из-за недостатка финансирования инновационный проект в итоге не был реализован.

Далее, но уже в 2000-х годах история технологии снова получила продолжение в качестве новой научной доктрины «Шахта XXI века», которая предлагалась учеными специалистами ДонГТУ для развития угольной промышленности Донбасса.

После ознакомления с теоретическими возможностями технологии АБВУ начинаешь понимать причину настойчивых желаний ученых и специалистов возвращаться к ней снова и снова.

По предварительно выполненным расчетам, предлагаемая технология может позволить решительно закрыть существующие проблемные вопросы:

- высокой метанообильности всех современных действующих и проектируемых шахт, существенно повысить уровень безопасности посредством исключения вероятности горения, вспышек и взрывов всех горючих газов подземных условиях;
- полностью исключить необходимость большинства видов предварительной (сопутствующей) дегазации угольных пластов и изолированном отводе метана;
- обеспечить возможность использовать технические данные всего существующего высокопроизводительного угледобывающего и проходческого оборудования, сдерживаемого «газовым барьером» с дальнейшим наращиванием производственных мощностей предприятий;

- снизить общее необходимое количество воздуха, подаваемого для проветривания горных выработок шахт, значительно уменьшить сечения подготовительных горных выработок;
- снизить объемы и время на подготовку участков для возобновления фронта выемочных работ;
- повысить технологичность строительно-монтажных работ и проходческого оборудования, связанного с отсутствием необходимости в задействовании тяжелых габаритных комбайнов, вентиляторов местного проветривания и так далее;
- исключить необходимость строительства мощных вентиляторов главного проветривания и газоправления, затраты на обслуживание инфраструктурных объектов на поверхности шахт;
- уменьшить расходы электроэнергии, а также численность производственно-промышленного и вспомогательного персонала, снизить уровень затрат на страхование работников;
- внедрить технологии совместной добычи угля и метана, обеспечивающей высокую степень извлечения метана с значительными объемами добываемого газа высокой концентрации, а также способствовать значительному уменьшению выбросов газов в атмосферу планеты.

Группой компаний «Цифра» совместно с Министерством энергетики РФ проведено масштабное исследование, целью которого выступало определение уровня цифрового развития крупнейших игроков рынка угледобычи [7]. Результаты исследования показали, что большинство участвующих в опросе компаний на начальном пути внедрения цифровых технологий, в то время как другие уже используют самые передовые зарубежные практики по автоматизации производства. Средний уровень цифровой зрелости составил 53,89% (табл. 1). Для создания своего полноценного автономного «цифрового предприятия» потребуется еще время, только затем произойдет

поэтапный переход всех производственных процессов на автономную работу. Развитие техники – это не инновационные рывки, а скорее непрерывное улучшение уже имеющейся унифицированной техники.

**Таблица 1. Цифровая зрелость отечественных угледобывающих компаний**

Компания	Уровень цифровой зрелости	Уровень цифровизации бизнес-процессов		Уровень технологического развития ИТ
		Основных	Вспомогательных	
СУЭК	67,13%	63,03%	65,00%	74,87%
Евраз	66,45%	62,54%	64,23%	74,12%
Русский уголь	65,19%	59,22%	63,30%	73,04%
Восточная горнорудная компания	64,46%	56,78%	61,51%	72,08%
Кузбасская топливная компания	64,09%	60,42%	56,63%	65,23%
СДС-Уголь	62,02%	58,53%	52,73%	58,81%
Кузбассразрезуголь	61,82%	61,58%	54,29%	56,60%
Сибуглемет	61,52%	58,74%	61,06%	54,77%
Воркутауголь	60,23%	56,87%	55,21%	53,18%
Востсибуголь	59,54%	53,98%	53,56%	52,87%

Технология АБВУ отвечает требованиям чистых угольных технологий, пропагандируемых во всём мире («clean coal technologies»), обеспечивающих значительное снижение выбросов в окружающую среду углерода.

Проведенный авторами статьи обзор существующих технических возможностей позволяет утверждать, что на сегодняшний день можно решить все вопросы, из-за которых более 50 лет сдерживался процесс внедрения и полномасштабных опытно-промышленных испытаний предлагаемой технологии в России. К ним можно отнести следующие:

1. Отсутствие в России полностью автоматизированных агрегатов и комплексов, обеспечивающих выемку угля без

постоянного присутствия людей в забое, т. к. работа оборудования предусматривается в нейтральной газовой среде при содержании метана с концентрацией до 100%;

2. Отсутствие прямых упоминаний технологии АБВУ в Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности для организации проектирования, проведения экспертиз проектной документации и внедрения технологии в угольных шахтах России;

3. Не адаптированность технических решений XX века для угледобывающих предприятий XXI века. При внедрении потребуется возможность поэтапного внедрения технологии АБВУ, без остановки действующих предприятий.

#### **Библиографический список:**

1. Забурдяев В.С. Технологические решения по снижению метановой опасности в угольных шахтах / Вологда: Инфра – Инженерия, 2023. – 208 с.

2. Забурдяев В.С. Выработанные пространства метанообильных угольных шахт: монография / В.С. Забурдяев. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 136 с.

3. Пучков Л.А., Красюк Н.Н., Мазикин В.П. и др. Технология интенсивной отработки высокогазоносных пологих угольных пластов с применением автоматизированных комплексов оборудования и инертных сред // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1994. – № 5.,

4. Ушаков К.З., Бурчаков и др. Аэрология горных предприятий: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 421 с.

5. Бурчаков А.С. Доклад о разработке научных основ шахты будущего Текст / Сост. проф., д-р техн. наук А. С. Бурчаков; М-во

высш. и сред. спец. образования СССР. МГИ, 1970.

6. Красюк Н.Н., Косьминов Е.А., Казаков В. Б, Савков К.В. Технология отработки высокогазоносного угольного пласта «Бреевский» на поле шахты Комсомолец» АОТ «Ленинскуголь» в инертной газовой среде // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1995. – № 5., С. 10-16.

7. Жданеев О.В., Власова И.М. Вызовы и приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли // Уголь. 2023. № 1. – 167 с.

© И.О. Гельгенберг, В.А. Пичугин, В.В. Спиридонов, 2023

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ В НАУКЕ  
И ТЕХНИКЕ**

Сборник статей

X Международной научно-практической конференции

Статьи публикуются в авторской редакции  
после рецензирования и с учетом рекомендаций редколлегии.

Международный научно-издательский центр  
«Твоя наука»