

УДК 622.838:622.33

ОБОСНОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ В СОВРЕМЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

В. А. ПИЧУГИН¹, главный специалист внутреннего производственного аудита, sir.vld2015@yandex.ru
В. А. САЛИХОВ², доцент

¹ООО «Распадская угольная компания», Новокузнецк, Россия

²Филиал Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева, Новокузнецк, Россия

Введение

История развития угольной промышленности в мире и России показывает, что метан всегда являлся основным природным барьером к безопасной и эффективной разработке газоносных угольных месторождений. Поэтому изначально научные исследования в этой отрасли горного дела были направлены в первую очередь на решение проблемы дегазации угольных пластов и повышение безопасности угледобычи. Первые опыты по борьбе с газом в шахтах приписывают русскому горному инженеру Н. Н. Черницыну (1883–1917). Изначально идеи комплексной разработки угольных пластов с высокой метаноносностью (газоугольных месторождений) с предварительной дегазацией угленосных толщ и утилизацией метана в Академии наук СССР были выдвинуты академиком А. А. Скочинским (1874–1960) и его учеником Г. Д. Лидиным в 1940-е годы. Первая промышленная дегазация в угольных шахтах в СССР была начата в 1948 г.

В 1961–1963 гг. профессором Московского горного института Н. В. Ножкиным впервые апробирована технология скважинной заблаговременной дегазации с поверхности на поле шахты № 226 комбината «Карагандауголь» [1]. Первые нормативно-методические документы «Временное руководство по дегазации угольных шахт» Министерством угольной промышленности СССР были утверждены в 1967, 1975 и 1990 гг. В 2007 г. на основе исследований ИПКОН РАН были введены в действие «Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт» (РД-15-09–2006).

Актуальность исследований

За более чем 70-летний период борьбы с метаном в промышленных масштабах с помощью дегазации угольных пластов были достигнуты впечатляющие успехи. Для угольных шахт апробировано более 47 различных способов дегазации

Обоснована необходимость научных исследований в области безопасной и эффективной отработки угольных пластов. Оценена роль предварительной дегазации угольных пластов для повышения безопасности угледобычи. Сделаны выводы о недостаточной эффективности используемых способов борьбы с взрывоопасностью, обоснована необходимость разработки новых технологий. Предложена технология автоматизированной безлюдной выемки угля в изолированном от общешахтной атмосферы пространстве, заполненном взрывобезопасной (инертной) смесью газов.

Ключевые слова: угольная шахта, взрывоопасность, дегазация, потенциально опасные явления, новые технологии, безлюдная выемка угля, инертная среда, безопасность угледобычи

DOI: 10.17580/gzh.2026.06.09

высокогазоносных угольных пластов [1]. В рамках этих способов разработано множество мер искусственного повышения газоотдачи угля (механический, гидравлический, пневматический, взрывной, плазменно-импульсный и др.), а также создано немало нетрадиционных способов воздействия на пласты (термохимический, микробиологический, физико-химический и др.).

Все вышеперечисленное сформировало общую концепцию современной науки аэрологии и дегазации в действующих Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности для современных угледобывающих шахт [2]. Однако, несмотря на все выполненные научные исследования, в XXI в. в шахтах продолжают взрывы (см. **таблицу**).

Всего за период с 1991 по 2021 г. в процессе эксплуатации шахт России было зафиксировано 196 взрывов метана. В результате этого погибли 840 человек, пострадали более 1615 шахтеров. Частота взрывов метана в среднем составила 6–7 случаев в год. Максимальное число (17 случаев) произошло в 1992 г.

В России 80 % шахт являются потенциально метановзрывоопасными. Ситуация с метановой опасностью за последние годы существенно обострилась. Отмечено, что все применяемые на сегодняшний день методы борьбы с метаном, включая проветривание, газуправление, дегазацию и др., не могут в полной мере обеспечить безопасность в современных метанообильных высокопроизводительных шахтах.

При этом хорошо известно, что с возрастанием глубины разработки условия горных работ только усложняются. Вследствие увеличения геостатического давления и роста

Крупные аварии на угольных шахтах России за 2000–2021 гг.

Год	Шахта	Год	Шахта
2000	«Комсомолец»	2007	«Комсомольская», «Ульяновская», «Юбилейная»
2001	«Распадская»	2009	им. Дзержинского, им. Ворошилова
2003	«Алардинская», «Октябрьская»	2010	«Красногорская», «Распадская»
2004	«Тайжина», «Чертинская», «Сибирская»	2011	«Алардинская»
2005	«Анжерская»	2013	«Воркутинская», «Шахта № 7»
2006	«Томская», «Краснокаменская»	2016	«Северная»
		2021	«Листвяжная»

напряженного состояния массива по отдельным элементарным блокам происходит смыкание трещин и уплотнение горных пород, повышается их крепость, уменьшается пористость, увеличивается блочность массива [3].

Таким образом, изменяются все основные свойства, которые оказывают прямое влияние на параметры технологий горных работ и в значительной степени предопределяют качество и эффективность осуществления процессов, казалось бы, спасительной дегазации. Также снижается эффективность локальных способов предотвращения газодинамических явлений [4].

Средняя глубина разработки угольных пластов подземным способом в Кузбассе на начало 2023 г., по данным [5], составляла около 470 м, а в Донбассе средняя глубина разработки углей превысила 725 м [6]. Средняя скорость понижения горных работ в угольных шахтах России достигла 16–17 м в год [7]. Такими темпами к 2035 г. разработку углей на шахтах Кузбасса будут осуществлять на глубине 650–700 м.

Несомненно, что с дальнейшим ростом глубины разработок горнотехнические условия с каждым годом будут становиться только сложнее. В итоге условия разработки ухудшатся до такой степени, что поддерживать содержание метана в выработках в допустимых пределах современными средствами вентиляции и дегазации будет невозможно. Повышение количества воздуха для вентиляции обязательно приведет к превышению сверхдопустимых скоростей его движения в выработках [2]. Дегазация также имеет определенные ограничения по эффективности и однажды не сможет обеспечить каптирование метана до требуемых объемов.

Кроме этого, необходимо отметить, что процесс выделения метана из угольного массива имеет весьма нестабильный

во времени характер. В любой момент возможны случаи внезапного образования взрывоопасной концентрации метано-воздушной смеси (МВС), природа которых не всегда поддается пониманию [8]. Новые обобщающие исследования по определению численных величин газоносности и градиента ее изменения с глубиной залегания пластов угля свидетельствуют о целесообразности дальнейших исследований в данном направлении [9–11].

Потенциальные взрывоопасные явления

Бесспорным доказательством данного утверждения служит проведенный авторами анализ официальных остановок производственных объектов (участков) угледобывающих предприятий Кузбасса государственными инспекторами, связанных с аварийным загазированием, проветриванием, дегазацией. За период 2013–2022 гг. были зафиксированы от 60 (2017 г.) до 140 (2013 и 2022 гг.) остановок в год [12].

Анализ этих данных показывает, что слишком часто расход воздуха для проветривания действующих подземных участков, строящихся по документации, разработанной современными специализированными организациями, оказывается недостаточным. Личный производственный опыт, полученный одним из авторов по газодинамическим явлениям и предварительной пластовой дегазации на примере выемочных участков лавы 3-32 и 6-1-11 шахты «Алардинская» в 2010–2015 гг., полностью подтверждает все сделанные выводы [13]. Практика показывает, что местные слоевые скопления метана в горных выработках возможны и при нормальном проветривании. Как правило, причина заключается в естественном стремлении увеличить добычу и желании получить большую прибыль. Это приводит к повышению нагрузок на забои и к дополнительной интенсивности выделения метана из разрабатываемых пластов.

До начала 2000-х годов взрывы, вспышки, загорания и внезапные выделения метана на шахтах России, приводившие к смертельным случаям, составляли 96 % от общего числа аварий [9]. Основными источниками воспламенения МВС являлись взрывные работы (45,7–46,5 %), неисправное электрическое оборудование (22–22,1 %) и фрикционное искрение (10,5–12,6 %); на эти три главных источника приходилось 78–81 % случаев. В настоящее время на шахтах сократили объемы применения взрывчатых материалов, теперь главными источниками являются электрооборудование, фрикционное искрение, подземные пожары [9]. Все случаи связаны с образованием взрывоопасной МВС.

Кроме широко известных причин аварий в шахтах, необходимо отметить и те, которые относятся к малоизученным природным явлениям.

Например, еще в 1903 г. Жорж Дари писал: «Земное электричество производит бури, которые разрушают внутреннее строение нашей планеты точно так же, как бури в атмосфере»

приводят в беспорядок воздушное пространство» [14]. В 1975 г. в журнале «Техника молодежи» заслуженный деятель науки и техники РСФСР, чл.-корр. Академии педагогических наук СССР, д-р физ.-мат. наук, профессор Томского государственного университета А. А. Воробьев рассказал о возможности существования «подземных молний». На основе результатов исследований чл.-корр. Академии наук СССР А. В. Степанова, А. А. Воробьев утверждал, что деформация или хрупкое разрушение горных пород могут сопровождаться механоэлектрическими явлениями, поверхности скольжения и трения в земных недрах могут вызывать электрический разряд, накапливать значительные заряды, которые проявляют себя в виде «странного» свечения в атмосфере воздуха со скоростью распространения до 100 км/с [15]. Опыты, связанные с данным феноменом, неоднократно проводили в 2000-х годах [16]. Функционирование внешних и внутренних факторов в системах трения в горных породах до настоящего времени до конца еще не выяснено, но в результате анализа причин возникновения электрического тока при трении установлено, что при трении образцов из одного материала за счет термоЭДС (эффект Зеебека) и термоэлектрической эмиссии возникает электрический ток [17].

Совсем недавно также было обнаружено другое явление, связанное с возможностью появления неконтролируемого электрического импульса в шахте. Опыты, проведенные специалистами ООО «Геостронг» (г. Новосибирск) на специальном испытательном стенде, позволили доказать, что в момент механической нагрузки или разгрузки анкеров, используемых для крепления выработок от внешних усилий, проявляется эффект пьезоэлектрогенерации, который является источником электрического импульса. Это явление имеет широкие статистические пределы, поэтому заявлять, что выделяемая электрическая энергия не превысит потенциально опасную температуру, нельзя. Зато можно предположить, что в ряде случаев электрическая энергия эту величину может превосходить. Иными словами, в выработанном пространстве после погашения выемочных штреков, закрепленных анкерной крепью, при обрушении кровли и разрыве анкерных болтов с высокой вероятностью может возникнуть искра. Она потенциально способна поджечь МВС во взрывоопасной концентрации, вызвать возгорание метана и/или взрыв. Пьезоэлектрический эффект известен с 1880 г., но применительно к угольным шахтам его ранее не описывали [18].

Еще одно малоизвестное явление в угленосных толщах было предложено на рассмотрение в 2008 г. по результатам анализа возможных причин аварий в шахтах канд. геол.-минерал. наук В. А. Ашурковым и действительным членом Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности М. К. Дурниным [19]. Специалисты обращали внимание на колоссальные глубинные залежи метана в земной коре Кузбасса (до глубин 10 км).

Предположительно главным фактором создания условий для возникновения масштабных выбросов угля и взрывов метана в шахтах Кузбасса могут являться глубинные процессы дегазации в Земле через множественные геологические нарушения в приповерхностном слое под воздействием сверхвысоких тектонических напряжений в массиве, сформированных движущимися навстречу друг другу плитами Салаира и Кузнецкого Алатау [19, 20]. Тогда любое перераспределение горного давления в массиве, очередная посадка основной кровли вблизи скрытого (невидимого, непрогнозируемого) разлома могут спровоцировать внезапный выброс глубинного метана из древних резервуаров-ловушек в огромных объемах и под гигантским давлением, создав условия «большого взрыва» газа (газопылевой смеси) в выработках шахты [19].

Гипотеза о проявлении данного явления может быть подтверждена одним из авторов статьи В. А. Пичугиным. После аварии на шахте «Юбилейная» в 2007 г. в вентиляционном штреке в непосредственной близости от аварийной лавы 16-15 при обследовании по контакту угольный пласт – почва со стороны лавы было выявлено весьма обширное углубление, непросматриваемое в глубину, происхождение которого тогда никто не смог объяснить.

В данном контексте интересны исследования [21], в процессе которых установлены ранее не известные источники цепного самовоспламенения МВС и инициирования в ней процесса сгорания (детонации) с помощью детонационного распада ацетиленводородной смеси ($\text{C}_2\text{H}_2\text{C}_2\text{H}_2$). Хорошо известна реакция образования смеси ацетиленводорода: $2\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$. После выброса в горной выработке при детонации определенного объема этой смеси возникает детонационная волна, которая, в свою очередь, образует ударную волну с параметрами, достаточными для воспламенения вновь образованной МВС. Критические параметры воспламенения МВС после выброса угля и газа определяются их количеством и составом горючих газов.

Коварство органического (углеводородного) угольного вещества заключается в существовании в нем промежуточных продуктов, содержащихся с координационным числом (валентностью) от одного до пяти. Наиболее вероятный механизм воспламенения взрывоопасной среды в выработках на угольных пластах при газодинамических явлениях – цепной, основанный на участии в реакции активных радикалов метилена. Метилен (CH_2) – это радикал, способный вызывать самовоспламенение МВС или образовывать взрывоопасный и нестойкий ацетилен. Ацетилен (C_2H_2) может взрываться от удара или при сжатии под давлением 0,2 МПа при комнатной температуре. Если говорить проще, то получается, что при резком выбросе метана и/или гибридных смесей под высоким давлением на выходе для взрыва не нужен даже источник воспламенения.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что

взрыв (вспышку) метана в шахте можно ожидать в любой момент, инициатором может стать природный, технологический и/или человеческий фактор, малоизученные субъ-ективные явления. Также можно предположить, что существуют еще и другие, пока неизвестные причины. Поэтому для полного исключения вероятности аварии на сегодняшний день требуются более радикальные меры борьбы с авариями в шахтах. Это не просто улучшение проветривания горных выработок и повышение эффективности дегазации, но и борьба с потенциально опасными явлениями в шахтах в комплексе. По мнению авторов статьи, при корректировке некоторых концепций на данном этапе развития горной науки и техники в мире это возможно.

Разработка и внедрение новых технологий обеспечения взрывобезопасности

Решением проблемы безопасности угледобычи в высокогазоносных шахтах может стать ранее известная, но несправедливо забытая технология 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 (АБВУ).

Сущность технологии заключается в том, что процессы добычи угля, связанные с выделением метана, сопряженные с опасностью для горнорабочих, выполняются в изолированном от общешахтной атмосферы пространстве, заполненном взрывобезопасной (инертной) смесью газов. Работы осуществляют дистанционно управляемыми, автоматизированными или роботизированными комплексами оборудования, обслуживающий персонал в это время находится в хорошо проветриваемых горных выработках или на поверхности [17].

Технология полностью автоматического, безлюдного управления подземным очистным участком в Китае впервые была реализована еще в 2011–2012 гг. в комбайновой лаве на шахте Tang Shan Gou и струговой лаве на шахте Nan Liang (концерн China National Coal Group Corp.). Параллельно вели работы по запуску автоматической системы управления комбайновым очистным комплексом на шахте Tan Shan Gou (провинция Shanxi). Для реализации данного проекта в период 2006–2016 гг. компания Elektro-Elektronik Pranjic (Германия) поставила и ввела в эксплуатацию более 60 комплектов современного автоматического управления. За работой комбайнов наблюдают с помощью камер (в реальное время с передачей сигнала по оптическому волокну). Как правило, подземный персонал требуется только для контроля процесса добычи и при выполнении ремонта. Автоматизация позволила улучшить систему безопасности и экономические показатели [22]. По некоторым данным,

на сегодняшний день в полностью автоматическом режиме в Китае работают 15 «умных» шахт.

Ранее, в 1990-х годах, по заказу АООТ «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. уже планировали опытно-промышленные испытания технологии АБВУ при отработке пласта «Бреевский» на гор. –200 м, согласно научно-техническому проекту института «Кузбассгипрошахт» (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 «Точные приборы», ИМАШ РАН, РосНИИГД, ТамбовНИХИ, ВостНИИ [22, 23]. Однако в сложные 1990-е годы на фоне общего падения уровня добычи угля в Кузбассе из-за недостатка финансирования этот инновационный проект в итоге не был реализован.

В 2000-х годах развитие технологии снова получило продолжение в качестве новой научной доктрины «Шахта XXI века», которая была предложена учеными специалистами ДонГТУ для развития угольной промышленности Донбасса под патронажем Министерства просвещения и науки Украины. В этом направлении хорошо известны труды д-ра техн. наук, профессора ДонГТУ Г. Г. Литвинского [23].

В 2025 г. предлагаемая В. А. Пичугиным авторская технология для развития угольных шахт получила несколько положительных отзывов экспертов на крауд-платформе идея.росконгресс.рф в рамках форума «Сильные идеи для нового времени».

Полученные результаты

На основе проведенного анализа вышеуказанной информации авторы полагают, что применение технологии АБВУ позволит решить следующие проблемные вопросы:

- существенно повысить уровень безопасности современных действующих и проектируемых шахт посредством исключения вероятности горения, вспышек и взрывов горючих газов в подземных условиях;
- исключить необходимость большинства видов предварительной (сопутствующей) дегазации угольных пластов и изолированного отвода метана;
- обеспечить возможность использовать технические возможности 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;

- сократить объемы и время на подготовку участков для возобновления фронта выемочных работ;
- исключить необходимость строительства мощных вентиляторов главного проветривания и газопроводов, затраты на обслуживание инфраструктурных объектов на поверхности шахт;
- уменьшить расход электроэнергии, а также численность производственно-промышленного и вспомогательного персонала, снизить уровень затрат на страхование работников;
- внедрить технологию совместной добычи угля и метана, обеспечивающую высокую степень извлечения угля со значительными объемами добываемого газа высокой концентрации;
- способствовать значительному уменьшению выбросов парниковых газов в атмосферу.

При этом следует отметить, что технология АБВУ отвечает требованиям чистых угольных технологий, пропагандируемых во всем мире (clean coal technologies), обеспечивающих значительное снижение выбросов в окружающую среду углерода.

Заключение

Таким образом, есть все основания полагать, что предлагаемая технология АБВУ в изолированном от общешахтной атмосферы пространстве, заполненном взрывобезопасной (инертной) смесью газов, с некоторыми адаптивными дополнениями может быть беспрепятственно внедрена на современных действующих угледобывающих предприятиях. Реализация данного проекта будет направлена на стратегический сценарий, дающий максимальный эффект для шахт Кузбасса, основанный на инновационной и экологически ориентированной технологии, что полностью соответствует Программе развития угольной промышленности до 2035 г., утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 13.06.2020 г. № 1582-р [24]. Как новая идеология, включающая в себя совокупность технологий соответствующего технического уровня и горной техники на базе «Индустрии 4.0», предлагаемая технология с автоматизированными системами управления существенно снизит число несчастных случаев и повысит эффективность отработки угольных месторождений.

Библиографический список

1. Васючков Ю. Ф. Развитие нетрадиционных технологий разработки угольных месторождений // Уголь. 1999. № 1. С. 16–19.
2. Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт. Сер.: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. – М.: Центрмг, 2026. – 172 с.
3. Коликов К. С., Бобнев Ю. Н. Перспективный анализ способов дегазации // ГИАБ. 2007. Отдельный выпуск 13. С. 446–452.
4. Клишин В. И., Писаренко М. В. Научное обеспечение инновационного развития угольной отрасли // Уголь. 2014. № 9. С. 42–46.
5. Федорин В. А., Шахматов В. Я., Опрук Г. Ю., Аникин М. В. Геотехнологический потенциал открыто-подземной разработки угольных месторождений Кузбасса // Горная промышленность. 2023. № 52. С. 77–82.
6. Зубов В. П., Тхан Ван Зуи, Федоров А. С. Технология подземной разработки мощных пластов угля с низкими прочностными характеристиками // Уголь. 2023. № 5. С. 41–49.
7. Фролков Г. Д., Фролков А. Г. Механические и сорбционные механизмы образования и выделения угольного метана // Уголь. 2014. № 1. С. 59–61.
8. Забурдяев В. С. Метан угольных шахт. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 276 с.
9. Забурдяев В. С. Научные основы дегазации угольных шахт. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 120 с.
10. Забурдяев В. С. Технологические решения по снижению метановой опасности в угольных шахтах. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 208 с.
11. Пичугин В. А., Васенин И. М., Крайнов А. Ю. Моделирование предварительной дегазации угольных пластов // Известия вузов. Физика. 2013. Т. 56. № 6-3. С. 155–157.
12. Федеральная Служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Сибирское управление. URL: <http://usib.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 29.04.2026).
13. Воробьев А. А. Равновесие и преобразование видов энергии в недрах. – Томск: Изд-во ТГУ, 1980. – 211 с.
14. Урцукоев Л. И., Ликсонов В. И., Циноев В. Г. Экспериментальное обнаружение «странного» излучения и трансформация химических элементов // Прикладная физика. 2000. № 4. С. 1–23.
15. Рыжков А. А., Бурлакова В. Э. Об электрических явлениях при трении // Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 9(60). С. 1564–1573.
16. Киприянов А. И., Горбунов Е. В. Взрывобезопасность в шахтах: пьезоэффект разрушающейся анкерной системы. 2023. URL: <https://drom.online/mining/vzrivobezopasnost-v-shahtah/> (дата обращения: 12.10.2025).
17. Ашурков В., Евдокимов И. Первопричина взрывов // Уголь Кузбасса. 2023. № 1. С. 40–41.
18. Салихов В. А. Использование информационных и потребительских свойств полезных компонентов углей для повышения экономической эффективности угледобычи в Кузбассе. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. – 151 с.
19. Калякин С. А. Предотвращение взрывов метана и угольной пыли в горных выработках шахт // Взрывное дело. 2008. № 99/56. С. 271–284.
20. Сонг Г. Опыт внедрения автоматизации процессов подземной добычи угля на примере китайской угольной промышленности // Уголь. 2016. № 2. С. 25–29.
21. Красюк Н. Н., Косьминов Е. А., Казаков В. Б., Савков К. В. Технология отработки высокогазоносного угольного пласта «Бреевский» на поле шахты «Комсомолец» АООТ «Ленинскуголь» в инертной газовой среде // ГИАБ. 1995. № 2. С. 10–16.
22. Пучков Л. А., Красюк Н. Н., Мазикин В. П. Технология интенсивной отработки высокогазоносных пологих угольных пластов с применением автоматизированных комплексов оборудования и инертных сред // ГИАБ. 1994. № 5. С. 3–13.
23. Литвинский Г. Г. Горизонты развития горной техники и технологии // Перспективы развития Восточного Донбасса: матер. VII Междунар. и 65-й Всероссийской науч.-практ. конф. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2018. С. 179–190.
24. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 13.06.2020 № 1582-р (с изм. на 21.10.2024). URL: <https://docs.cntd.ru/document/565123539> (дата обращения: 29.08.2025). **ИЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2026, № 6, pp. 62–67
DOI: 10.17580/gzh.2026.06.09

Introduction of unmanned coal extraction technology in modern coal mines: Substantiation and prospects

Information about authors

V. A. Pichugin¹, Chief Specialist of Internal Production Audit, sir.vld2015@yandex.ru

V. A. Salikhov², Associate Professor

¹Raspadskaya Coal Company, Novokuznetsk, Russia

²Division of the Gorbachev Kuzbass State Technical University, Novokuznetsk, Russia

Abstract

Methane is yet the main natural barrier for safe and efficient coal mining. This article presents data on the explosion hazard of coal mines. The need for scientific research on safe and highly productive development of gas-bearing coal deposits is substantiated. The role of preliminary drainage of coal seams to improve the safety of coal mining is assessed. The theoretical analysis results on the methods used to combat explosion hazards and the measures to enhance gas recovery in modern coal mines are described. Statistics on methane explosions in Russian mines from 1991 to 2021 are given. Conclusions are drawn regarding the inadequacy of the current methods for combating explosion hazards. To further develop explosion hazard control, it is proposed to pay attention to poorly studied phenomena. First of all, these are sudden releases of deep-earth methane from ancient pocket traps, uncontrolled electrical impulses occurring in mines and generating a spark for methane ignition, as well as possible spontaneous combustion of methane–air mixture. Therefore, new technologies are needed to combat potentially hazardous phenomena in coal mines. A proposed option for improving coal mining safety involves the implementation of automated unmanned coal mining (AUCM) technology in a space isolated from the general mine atmosphere and filled with an explosion-proof (inert) gas mixture. This technology meets the requirements of clean coal technologies, ensuring a significant reduction in carbon emissions. The proposed technology can significantly reduce the number of accidents and increase the efficiency of coal mining. The implementation of this project will be focused on a strategic scenario of maximum effect for Kuzbass mines, based on innovative and environmentally friendly technology.

Keywords: coal mine, explosion hazard, gas drainage, potentially hazardous phenomena in mines, new technologies, unmanned coal mining, inert environment, coal mining safety.

References

- Vasyuchkov Yu. F. Unconventional technologies for coal field mining. *Ugol*. 1999. No. 1. pp. 16–19.
- Guides on Air Safety of Coal Mines. Series: Federal Rules and Regulations in the Area of Industrial Safety. Moscow : TsentrMag, 2026. 172 p.
- Kolikov K. S., Bobnev Yu. N. Long-range analysis of gas drainage techniques. *MIAB*. 2007. Special issue 13. pp. 446–452.
- Klishin V. I., Pisarenko M. V. Scientific support of innovative development of coal industry. *Ugol*. 2014. No. 9. pp. 42–46.
- Fedorin V. A., Shakhmatov V. Ya., Opruk G. Yu., Anikin M. V. Geotechnological potential for surface and underground mining of Kuzbass coal deposits. *Gornaya Promyshlennost*. 2023. No. S2. pp. 77–82.
- Zubov V. P., Than Van Duy, Fedorov A. S. Technology of underground mining of thick coal seams with low strength properties. *Ugol*. 2023. No. 5. pp. 41–49.
- Frolkov G. D., Frolkov A. G. Mechanochemical and sorbate mechanisms of coal methane formation and emission. *Ugol*. 2014. No. 1. pp. 59–61.
- Zaburdyayev V. S. Coal Mine Methane. Moscow ; Vologda : Infra-Inzheneriya, 2022. 276 p.
- Zaburdyayev V. S. Scientific Framework for Gas Drainage in Coal Mines. Moscow ; Vologda : Infra-Inzheneriya, 2023. 120 p.
- Zaburdyayev V. S. Engineering Solutions on Methane Hazard Reduction in Coal Mines. Moscow ; Vologda : Infra-Inzheneriya, 2023. 208 p.
- Pichugin V. A., Vasenin I. M., Kraynov A. Yu. Modeling preliminary gas drainage of coal seams. *Russian Physics Journal*. 2013. Vol. 56, No. 6-3. pp. 155–157.
- Federal Service for Environmental Technological and Nuclear Supervision. Siberian Federal District. Available at: <http://usib.gosnadzor.ru/> (accessed: 29.04.2026).
- Vorobev A. A. Energy Equilibrium and Conversion in the Subsoil. Tomsk : Izdatelstvo TGU, 1980. 211 p.
- Urutskov L. I., Liksonov V. I., Tsinoev V. G. Experimental disclosure of curious radiation and transformation of chemical elements. *Soviet Journal of Plasma Physics*. 2000. No. 4. pp. 1–23.
- Ryzhkin A. A., Burlakova V. E. On frictional electric phenomena. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2011. Vol. 11, No. 9(60). pp. 1564–1573.
- Kupriyanov A. I., Gorbunov E. V. Explosion Hazard in Mines : Piezoeffect of Failing Rock Bolting System. 2023. Available at: <https://dprom.online/mining/vzrivobezopasnost-v-shahtah/> (accessed: 12.10.2025).
- Ashurkov V., Evdokimov I. Primary cause of explosions. *Ugol Kuzbassa*. 2023. No. 1. pp. 40–41.
- Salikhov V. A. Use of information and consumer properties of useful coal components to enhance economic efficiency of coal mining in Kuzbass. Kemerovo : Kuzbassvuzizdat, 2005. 151 p.
- Kalyakin S. A. Prevention of explosions of methane and coal dust in mines. *Vzryvnoe delo*. 2008. No. 99/56. pp. 271–284.
- Song G. Experience in the implementation of process automation and data communication for underground coal mining on the example of China's coal industry. *Ugol*. 2016. No. 2. pp. 25–29.
- Krasyuk N. N., Kosminov E. A., Kazakov V. B., Savkov K. V. Mining technology of high-gas coal bed Breevsky, Komsomolets Mine, Leninskugol, in inert gas medium. *MIAB*. 1995. No. 2. pp. 10–16.
- Puchkov L. A., Krasyuk N. N., Mazikin V. P. High-intensity mining technology for high-gas flat coal beds using automated equipment and inert media. *MIAB*. 1994. No. 5. pp. 3–13.
- Litvinsky G. G. The horizons of the mining industry and technology progress. *Development Prospects for the Eastern Donbas : Proceedings of VII International Conference and 65th All-Russian Conference*. Novocherkassk : YuRGPU (NPI), 2018. pp. 179–190.
- Available at: <https://docs.cntd.ru/document/565123539> (accessed: 29.08.2025).