

Научная статья

УДК 536.21

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-2-86-93

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Соболев Виктор Васильевич¹, Коликов Константин Сергеевич²,
Фомин Анатолий Иосифович^{1,3}, Ледяев Николай Владимирович⁴, Ли Хи Ун¹,
Трубицын Анатолий Александрович³, Трубицына Нэля Вадимовна³

¹ АО «НЦ ВостНИИ»² Горный институт НИТУ МИСиС³ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева⁴ АО «СУЭК-Кузбасс»

* для корреспонденции: sobolev567@gmail.com

Аннотация.

Рассмотрены вопросы совершенствования дегазационных работ. Определены основные способы дегазации, обеспечивающие комплексное освоение ресурсов, и предложены мероприятия по совершенствованию дегазации. Приведены результаты обзора НИОКР и публикаций за период 2010–2024 гг. в России и в США. Показано, что реструктуризация угольной отрасли привела к кардинальному росту технико-экономических показателей добычи угля и, как следствие, к усилению обратной связи в системе «технология – окружающая среда»; использование высокопроизводительной техники, обеспечивающее рост производительности труда и приводящее к снижению численности рабочих мест, приводит к существенному повышению требований к уровню безопасности. В основном это определяется снижением уровня резерва при планировании добычных и подготовительных работ. Одной из основных проблем современного этапа развития технологии угледобычи в нашей стране является обострение противоречия между темпами ведения подготовительных и очистных работ, которое усложняет применение предварительной дегазации разрабатываемых пластов.

Приведены причины низкого уровня метанобезопасности, например, такая, как продолжающееся ухудшение горно-геологических условий отработки запасов, связанное в первую очередь с углублением горных работ. При высоких нагрузках все большее значение приобретают источники, которым ранее не уделяли большого внимания, такие как надрабатываемые спутники или разрабатываемый угольный пласт. Отмечены направления совершенствования способов дегазации. На современных глубинах разработки в пластовых условиях газ угольных месторождений имеет кондиции, превышающие качество газа газовых месторождений, в первую очередь за счет отсутствия соединений серы. Эффективное извлечение кондиционного метана возможно только при условии повышения проницаемости угольного пласта, которое может быть достигнуто либо за счет воздействия на пласт, либо горнотехническими способами.

**Информация о статье**

Поступила:

10 октября 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

22 апреля 2025 г.

Принята к публикации:

30 апреля 2025 г.

Опубликована:

11 июня 2025 г.

Ключевые слова:

Дегазация, эффективность, параметры, совершенствование, контроль, метанообильность, прогноз, тенденции.

Для цитирования: Соболев В.В., Коликов К.С., Фомин А.И., Ледяев Н.В., Ли Х.У., Трубицын А.А., Трубицына Н.В. Совершенствование дегазации угольных шахт // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 2 (168). С. 86-93. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-2-86-93, EDN: TVHNOX

Введение

Несмотря на негативное отношение к угольной отрасли в последнее время, связанное с усилением внимания к экологическим показателям разработки и использования, уголь в ближайшей и среднесрочной перспективе остается надежным и наиболее доступным энергетическим ресурсом. Более половины мирового производства угля добывается подземным способом [1]. В нашей стране преобладающей является тенденция расширения использования открытой разработки, доля которой в 2023 г. достигла 77,7% [2]. При этом в соответствии с показателями развития отрасли [3] при консервативном сценарии развития доля открытого способа разработки к 2035 г. планируется на уровне более 80%, а по оптимистическому сценарию – почти 83%, что противоречит возрастающей роли экологических показателей. По данным ООО «МНИИЭКО ТЭК» удельный показатель сброса сточных вод при подземном способе добычи в 1,7-1,8 раз выше, чем при открытой разработке.

Многие специалисты на современном этапе предлагают рассматривать угольные месторождения как углегазовые [4, 5]. В этом случае реализуется подход комплексного освоения ресурсов угля и метана, основой которого может рассматриваться заблаговременная дегазация угольных пластов.

Современные проблемы угледобычи имеют три основных аспекта: безопасность, экология и энергоэффективность. Все эти проблемы взаимосвязаны, так как повышение эффективности дегазации не только обеспечивает повышение эффективности ведения горных работ, но и создает условия для использования данного ресурса и повышения энергоэффективности.

Основные тенденции

Реструктуризация угольной отрасли привела к кардинальному росту технико-экономических показателей добычи угля и, как следствие, к усилению обратной связи в системе «технология – окружающая среда». Как ни парадоксально это звучит, но использование высокопроизводительной техники, обеспечивающее рост производительности труда и приводящее к снижению численности рабочих мест, приводит к существенному повышению требований к уровню безопасности. В основном это определяется снижением уровня резерва при планировании добычных и подготовительных работ.

Одной из основных проблем современного этапа развития технологии угледобычи в нашей стране является обострение противоречия между темпами ведения подготовительных и очистных работ, которое усложняет применение предварительной дегазации разрабатываемых

пластов. При этом эффективность данного способа дегазации находится на крайне низком уровне.

Повышение нагрузки на очистные забои является основным трендом в условиях усиления геополитической нагрузки на отрасль. В США в благоприятных горно-геологических условиях в длинных очистных забоях максимальная производительность достигает 7,2 млн т/год при средней нагрузке 14000 т/сут. Следует отметить, что длина лавы в США в основном составляет 255÷474 м при длине выемочного столба до 7800 м [1]. Показатели отечественной отрасли существенно ниже: средняя нагрузка – около 5300 т/сут, максимальная добыча – 4,4 млн т при длине лавы от 176 до 400 м и длине выемочного столба до 4700 м. Принципиальное отличие заключается в том, что в США в основном используется многоштрековая подготовка, в то время как в нашей стране – бесцеликовая или спаренными выработками. Многоштрековая подготовка расширяет возможности технологических схем, но при этом значительно увеличивается протяженность выработок, эксплуатационные потери, усложняется геомеханическая обстановка. Следует отметить, что отработка запасов в США осуществляется в более благоприятных горно-геологических условиях; так, средняя глубина составляет 332 м при максимальной – 600 м, в то время как у нас они соответственно составляют 425 и 1100 м [1]. Применение высокопроизводительной техники определяет тенденцию увеличения размеров выемочных участков.

Программа развития угольной промышленности одной из основных задач определяет повышение уровня промышленной и экологической безопасности в отрасли по основному кругу показателей. При этом планируется увеличение нагрузки на очистной забой при подземной добыче в 2 раза к уровню 2018 года, что определяет дальнейшее повышение темпов ведения горных работ. Однако в этом случае резко обостряются проблемы воспроизводства фронта очистных работ и метанобезопасности, так как практически исчерпаны возможности вентиляции. Причиной этого является то, что при постоянном снижении эффективности дегазации подготовительных выработок и разрабатываемых пластов эффективность дегазации очистных работ достаточно устойчива и при комплексных схемах достигает 60–80%. Эта тенденция в перспективе только усилится в связи с ожидаемым ростом нагрузок на очистные работы. Снижаются темпы проведения подготовительных выработок, которые в ряде случаев (например, на выбросоопасных пластах) не превышают 30–40 м/мес., в то время как продвижение очистных забоев при нагрузке 8–10

тыс. т/сут. в зависимости от горно-геологических условий составляет 200–300 м/мес, достигая 400 м/мес. [6]. Возрастают и ограничения производительности очистного оборудования по газовому фактору. Потенциал современного оборудования на подземных горных работах используется не более, чем на 30–35 % [7, 8].

Несмотря на общую тенденцию снижения аварийности, смертельный травматизм остается на высоком уровне. При этом снижение аварийности не коррелирует со снижением смертельного травматизма, так, например, в 1997 г. на предприятиях Российской Федерации произошло 56 аварий и погибли 242 человека, а через десять лет, в 2007 г., аварий было уже в 2,5 раза меньше (21), а погибли почти столько же – 232 человека [9]. Во многом это связано со взрывами метана, так с 1991 по 2010 гг. в результате 193 взрывов метана и угольной пыли пострадало 1509 человек, в том числе 744 человека – смертельно. Более 80% взрывов произошло на шахтах, отнесенных к выбросоопасным и сверхкатегорийным по метану, но 7 взрывов произошло на неопасных и отнесенных к первой категории по метану [10]. Программой развития угольной промышленности планируется довести показатель количества смертельных травм в пересчете на 1 млн т. добычи на первом этапе до 0,02 к 2025 г. и до 0,01 к 2035 г., что соответствует уровню передовых по уровню безопасности стран.

Причины низкого уровня метанобезопасности

Основными причинами низкого уровня метанобезопасности являются:

✓ продолжающееся ухудшение горно-геологических условий отработки запасов, связанное в первую очередь с углублением горных работ;

✓ кадровые проблемы угледобывающих предприятий в результате разрушения институтов повышения квалификации, снижения качества подготовки специалистов и «вымывания» узкопрофильных специалистов в период реструктуризации отрасли;

✓ снижение уровня метанобезопасности шахт при высокопроизводительной отработке запасов в результате кардинального роста абсолютной газообильности;

✓ недостаточное использование информации о газообильности подготовительных выработок, эффективности применяемых способов дегазации;

✓ отсутствие современных методических решений и нормативных документов для комплексного решения вопросов вентиляции и дегазации угольных шахт.

Следует отметить, что долгосрочной программой развития угольной промышленности

на период до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 24.01.2012 № 14-р) предусматривалось снижение средней глубины разработки на шахтах с 423 метров в 2010 году до 350 метров в 2030 году. При достижении данного критерия условия проведения дегазации значительно улучшаются, в то время как действующая тенденция углубления горных работ, напротив, ухудшает эти условия, особенно для способа предварительной дегазации.

При высоких нагрузках все большее значение приобретают источники, которым ранее не уделяли большого внимания, такие как надрабатываемые спутники или разрабатываемый угольный пласт.

Так, несмотря на незначительную долю газовыделения из разрабатываемого пласта, не превышающую, как правило, 10%, роль этого источника возрастает с увеличением нагрузки на очистной забой. Во многом это связано с тем, что применяемые в настоящее время методы текущей дегазации обладают достаточно высокой эффективностью, достигающей 70–80 % и более, в то время как при предварительной дегазации эффективность не превышает, как правило, 10–15%, и в условиях углубления горных работ, интенсификации нагрузок на очистные забои и увеличения длины лав этот показатель будет только снижаться. Так, при увеличении лавы с 200 до 300 м газовыделение с обнаженной поверхности пласта и из отбитого угля увеличивается на 3–5% [11] в результате снижения доли естественной дегазации угольного пласта подготовительными выработками. Поэтому в последние годы интенсивно развиваются способы повышения гидродинамических воздействий на угольные пласты для повышения их проницаемости и, соответственно, эффективности дегазации. При проведении международной научно-практической конференции «Подземная угледобыча XXI век» (г. Ленинск-Кузнецкий, 2018 г.) более половины докладов, представленных в секции «Аэрологи и дегазация», в той или иной мере были посвящены вопросам интенсификации газовыделения.

Основные задачи

В рамках реализации Парижского соглашения и в соответствии с Указом Президента РФ от 04.11.2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» [12] предусматривается сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 года. Достижение этого возможно только при условии широкого внедрения технологий утилизации шахтного метана, извлекаемого при дегазации угольных пластов и углепородных массивов, так как утилизация вентиляционного метана энергетически не оправдана. Это нашло

отражение в «Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 года», где одно из основных направлений подпрограммы «Обеспечение экологической безопасности угольной промышленности» [3] в части научно-технического обеспечения предусматривает проведение работ по дегазации угольных пластов до начала их разработки и в процессе ведения горных работ с последующим использованием метана.

Для достижения этого необходимо решить следующие задачи:

–разработка и внедрение эффективных технологий дегазации не разгруженных от горного давления угольных пластов как существенных источников газовыделения в горные выработки при современном уровне нагрузок на очистные забои;

–совершенствование способов дегазации разгруженных углепородных массивов;

–совершенствование управления метановыделением на основе жесткой взаимосвязи схем вентиляции и дегазации;

–разработка модели формирования метанообильности добычного участка, обеспечивающей определение максимальной нагрузки на очистные забои;

–совершенствование систем мониторинга безопасности;

–создание центров переподготовки кадров, специализирующихся на вопросах метанобезопасности, с их обязательным периодическим обучением;

–организация научно-производственных структур, обеспечивающих внедрение новых способов дегазации, совершенствование схем управления газовыделением, анализ газовыделения и эффективности дегазации;

–совершенствование и расширение использования систем утилизации с соответствующим экономическим стимулированием.

Особое внимание следует уделить вопросам анализа газообильности подготовительных горных выработок для выявления зон аномального метановыделения. Как показывает практика, структурные подразделения шахт зачастую недостаточно эффективно используют эту информацию при планировании и проектировании работ по дегазации. С этой точки зрения представляется целесообразной организация структурных подразделений на более высоком уровне, функцией которых являлся бы не только анализ метановыделения, но и его прогноз с учетом напряженно-деформированного состояния углепородного массива. Альтернативным вариантом может быть кардинальное расширение научного сопровождения отработки запасов угля.

Направления совершенствования способов дегазации

Особенностью совершенствования способов дегазации на современном этапе, на наш взгляд, является необходимость соблюдения требования об извлечении кондиционной метановоздушной смеси. Следует отметить, что концентрация метана определяется не только способом дегазации, но и качеством дегазационных работ, в первую очередь герметизации скважин и трубопроводов к ВНС.

На современных глубинах разработки в пластовых условиях газ угольных месторождений имеет кондиции, превышающие качество газа газовых месторождений, в первую очередь за счет отсутствия соединений серы. Эффективное извлечение кондиционного метана возможно только при условии повышения проницаемости угольного пласта, которое может быть достигнуто либо за счет воздействия на пласт, либо горнотехническими способами (использование эффекта разгрузки).

Первое направление в настоящее время проходит опытно-промышленную апробацию по технологии плазменно-импульсного воздействия [13, 14] (ООО «Георезонанс») на шахте «Ерунаковская VIII», а по технологии гидрорасчленения [15] – на шахте им. С. М. Кирова (АО «СУЭК-Кузбасс»). В последние годы данному направлению уделяется большое внимание, что во многом связано с успехами газовых компаний по добыче метана угольных пластов (МУП) США, Австралии, Китая и ряда других стран.

В нашей стране технологию добычи МУП продвигают специалисты ПАО «Газпром» [16, 17], однако, несмотря на заявленные высокие показатели дебита метана, рассматривать эти технологические решения с точки зрения заблаговременной дегазации нельзя, во-первых, из-за иной цели проведения (добыча другого ресурса), во-вторых, из-за отсутствия информации об эффективности снижения газоносности угольных пластов, что является основным требованием при заблаговременной дегазации.

Достаточно хорошие показатели получены при предварительной дегазации (комплексной) в зонах подземного гидроразрыва, которая позволила увеличить газовыделение в скважины предварительной дегазации в 3–4 раза. Эта технология применяется в двух технологических схемах: поинтервального гидроразрыва [18] и подземного (одиночного) гидроразрыва [19]. Данные варианты имеют свои достоинства и недостатки в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий.

Рассматривая совершенствование дегазации разгруженного углепородного массива, необходимо отметить значительное количество

различных схем и способов дегазации, которые в основном определяются широким разнообразием горно-геологических условий. В этом направлении как один из наиболее эффективных способов следует отметить дегазацию газодренажными выработками, широко применяемую на шахтах Карагандинского бассейна [20]. В последние годы с развитием средств подземного бурения широкое распространение получило использование длинных направленных скважин. Однако данное направление пока не имеет устойчивых показателей эффективности и требует решения ряда научных задач.

Заключение

Дегазация является основой для комплексного освоения ресурсов углегазовых месторождений. Для успешного решения данной проблемы необходимо решение задач не только научного, но и организационного характера: повышение качества выполнения дегазационных работ; повышение эффективности использования информации о газообильности горных выработок.

При совершенствовании способов дегазации особое внимание необходимо уделить способам, предусматривающим повышение проницаемости угольных пластов.

В качестве базового воздействия в этом случае следует рассматривать гидрорасчленение угольных пластов, которое прошло широкие опытно-промышленные испытания на шахтах Карагандинского и Донецкого бассейнов. Совершенствование данной технологии, как и многих других, должно базироваться на глубоком изучении системы «уголь-метан-вода», учете напряженно-деформированного состояния угольного пласта, его изменении в процессе воздействия.

Исследование выполнено в НИТУ МИСИС при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-19-00398

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казанин О. И. Перспективные направления развития технологий подземной угледобычи РФ // Горный журнал. 2023. № 9. С. 4–12.
2. Мешков Г. Б., Петренко И. Е., Губанов Д. А. Итоги работы угольной промышленности России за 2023 год // Уголь. 2024. № 3. С. 18–29. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-18-29.
3. Сторонский Н. М., Хрюкин В. Т., Швачко Е. В., Кирильченко А. В., Митронов Д. В., Сизиков Д. А. Методика подсчета запасов метана в угольных пластах как самостоятельного полезного ископаемого // Записки горного института. 2010. Т. 185. С. 199–204.
4. Сластунов С. В., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В., Садов А. П., Понизов А. П. Обеспечение метанобезопасности шахт на основе глубокой дегазации угольных пластов при их подготовке к интенсивной разработке // Уголь. 2019. № 7. С. 42–47. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-42-47.
5. Казанин О. И., Мешков А. А., Сидоренко А. А. Перспективные направления развития технологической структуры угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 6–1. С. 35–53.
6. Казанин О. И., Ютяев Е. П. Технологии подземной разработки угольных пластов: современные вызовы и перспективы // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 11 (специальный выпуск 48). С. 41–51.
7. Кубрин С. С., Загоршменный И. М. Учет факторов, влияющих на режимы работы выемочных участков в условиях отработки высокогазоносных угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 12 (специальный выпуск 43). 12 с.
8. Гражданкин А. И., Печеркин А. С., Сидоров В. И. Промышленная безопасность в отечественной добыче угля и нефти // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 3. С. 40–47.
9. Костогрылов А. И., Костеренко В. Н., Тимченко А. Н., Артемьев В. Б. Основы противоаварийной устойчивости угольных предприятий. М.: Изд-во «Горное дело», 2014. 336 с.
10. Коликов К. С., Никитин С. Г. К вопросу совершенствования ведения дегазационных работ на высокопроизводительных участках / Сборник научных трудов. Выпуск 2 «Пути повышения эффективного и безопасного освоения пластовых месторождений подземным способом». М.: Изд-во «Горное дело». 2014. С. 352–355.
11. Указ Президента РФ от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990>.
12. Десяткин А. С., Агеев П. Г. Технологии плазменно-импульсного воздействия для извлечения метана и дегазации угольных пластов // Научный журнал российского газового общества. 2021. № 3 (31). С. 48–57.
13. Десяткин А. С., Агеев П. Г. Применение технологии плазменно-импульсного воздействия для увеличения проницаемости коксующихся углей повышенной твердости и низкой водонасыщенности для целей заблаговременной дегазации // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2021. № 3 (123). С. 90–94.
14. Сластунов С. В., Мешков А. А., Мазаник Е. В., Комиссаров И. А. Методика опытных испытаний технологии циклического гидроударного воздействия на угольный пласт через скважины с поверхности // ГИАБ, специальный выпуск 32 «Безопасность и экология горного производства». 2018. № 6. С. 17–25. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-32-17-25.
15. Хрюкин В. Т., Сизиков Д. А., Попова Т. С., Коряга М. Г. Геолого-технологические предпосылки заблаговременной дегазации шахтных полей скважинами, пробуренными с поверхности / В сборнике: энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции.

Под редакцией В. И. Клишина, З. Р. Исмагилова, В. Ю. Блюменштейна, С. И. Протасова, Г. П. Дубинина. 2012. С. 78–80.

16. Калинин А. В., Новиков В. И., Лисина М. А., Сторонский Н. М., Швачко Е. В., Хрюкин В. Т. Метан угольных пластов: от эксперимента до промысла // Территория Нефтегаз. 2013. № 3. С. 60–62.

17. Леконцев Ю. М., Ушаков С. Ю., Мезенцев Ю. Б. Пути повышения эффективности дегазации угольных пластов // Уголь. 2020. № 4. С. 26–28. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-26-28.

18. Сластунов С. В., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В., Ермак Г. П. Исследование эффективности усовершенствованной технологии подземного гидроразрыва угольного пласта для его дегазации // Горный журнал. 2018. № 1. С.83–87. DOI: 10.17580/gzh.2018.01.15.

19. Коликов К. С., Хуснутдинов Р. Б., Полчин А. И., Королева В. Н. Совершенствование дегазации выработанного пространства // ГИАБ, Сп. вып. № 1, Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка-2018». 2018. С. 224–232.

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Соболев Виктор Васильевич, д.т.н., главный научный сотрудник, АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, e-mail: sobolev567@gmail.com

Коликов Константин Сергеевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Безопасность и экология горного производства» Горного института НИТУ МИСиС, НИТУ МИСИС, г. Москва, e-mail: kolikovks@mail.ru

Фомин Анатолий Иосифович, д.т.н., проф., Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, ведущий научный сотрудник АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, e-mail: fominai@kuzstu.ru

Ледяев Николай Владимирович, начальник управления по противоаварийной устойчивости предприятий Технической дирекции АО «СУЭК-Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий, e-mail: LedyaevNV@suek.ru

Ли Хи Ун, Ученый секретарь АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, e-mail: leeanatoly@mail.ru

Трубицын Анатолий Александрович, д.т.н., проф., научный сотрудник, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, e-mail: atrubitsyn@rambler.ru

Трубицына Нэля Вадимовна – д.т.н., научный сотрудник, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, e-mail: ntrubitsyna@rambler.ru

Заявленный вклад авторов:

Соболев Виктор Васильевич – обзор общего состояния вопроса по дегазации угольных шахт, анализ существующих средств и методов дегазации, пути их развития и совершенствования.

Коликов Константин Сергеевич – вопросы совершенствования ведения дегазационных работ при современной механизированной добычи угля, дегазации выработанных пространств.

Фомин Анатолий Иосифович – изучение промышленной безопасности и охраны труда при подземной и открытой добычи угля в России.

Ледяев Николай Владимирович – исследование причин низкого уровня метанобезопасности.

Ли Хи Ун – изучение проблем, возникающих при подготовительных и очистных работах, проведении дегазации не только на сверхкатегорийных шахтах, но и на шахтах III и II категории, дисбаланс между темпами ведения очистных и подготовительных работ. Вопрос о глубинах разработки угольных пластов.

Трубицын Анатолий Александрович – анализ существующих средств и методов дегазации, пути совершенствования.

Трубицына Нэля Вадимовна – анализ существующих средств и методов дегазации, пути совершенствования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

IMPROVING COAL MINE DEGASSING

Viktor V. Sobolev¹, Konstantin S. Kolikov²,
Anatoly I. Fomin^{1,3}, Nikolay V. Ledyaev⁴, H. Un Lee¹,
Anatoly A. Trubitsyn³, Noel V. Trubitsyna³

¹ JSC «NC VostNII»

² Mining Institute of NUST MISIS

³ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

⁴ JSC «SUEK-Kuzbass»

* for correspondence: sobolev567@gmail.com



Article info

Received:

10 October 2024

Accepted for publication:

22 April 2025

Accepted:

30 April 2025

Published:

11 June 2025

Keywords: Degassing, effectiveness, parameters, improvement, control, methane emission rate, forecast, trends

Abstract.

The issues of improving degassing operations are considered. The main methods of degassing that ensure the integrated development of resources are identified, and measures to improve degassing are proposed. The results of a review of R&D and publications for the period 2010-2024 in Russia and the USA are presented. It is shown that the restructuring of the coal industry has led to a drastic increase in the technical and economic indicators of coal mining and, as a result, increased feedback in the technology – environment system; The use of high-performance equipment, which ensures an increase in labor productivity and leads to a decrease in the number of jobs, leads to a significant increase in safety requirements. This is mainly determined by a decrease in the reserve level when planning mining and preparatory work. One of the main problems of the current stage of development of coal mining technology in our country is the aggravation of the contradiction between the pace of preparatory and cleaning operations, which complicates the use of pre-degassing of the developed formations.

The reasons for the low level of methane safety are given, for example, such as the continuing deterioration of mining and geological conditions of mining reserves, primarily associated with the deepening of mining operations. At high loads, sources that previously had not received much attention, such as satellites under development or a coal seam under development, are becoming increasingly important. The directions of improvement of degassing methods are noted. At modern depths of development in formation conditions, the gas of coal deposits has conditions exceeding the quality of gas from gas fields, primarily due to the absence of sulfur compounds. Effective extraction of conditioned methane is possible only if the permeability of the coal seam is increased, which can be achieved either by affecting the formation or by mining methods.

For citation: Sobolev V.V., Kolikov K.S., Fomin A.I., Ledyayev N.V., Lee H.U., Trubitsyn A.A., Trubitsyna N.V. Improving coal mine degassing. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 2(168):86-93. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-2-86-93, EDN: TVHNOX

REFERENCES

1. Kazanin O.I. Perspective directions of development of technologies of underground coal mining of the Russian Federation. *Mining journal*. 2023; 9:4–12.
2. Meshkov G.B., Petrenko I.E., Gubanov D.A. The results of the work of the Russian coal industry in 2023. *Coal*. 2024; 3:18–29. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-18-29.
3. Sidonsky N.M., Khryukin V.T., Shvachko E.V., Kirilchenko A.V., Mironov D.V., Sizikov D.A. Methodology for calculating methane reserves in coal seams as an independent mineral. *Notes of the Mining Institute*. 2010; 185:199–204.
4. Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P., Ponizov A.P. Ensuring methane safety of mines based on deep degassing of coal seams in their preparation for intensive development. *Coal*. 2019; 7:42–47. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-42-47.
5. Kazanin O.I., Meshkov A.A., Sidorenko A.A. Promising directions for the development of the technological structure of coal mines. *Mining information and analytical bulletin*. 2022; 6-1:35–53.
6. Kazanin O.I., Yutyaev E.P. Technologies of underground mining of coal seams: modern challenges and prospects. *Mining information and analytical bulletin*. 2018; 11 (special issue 48):41–51.
7. Kubrin S.S., Zakorshmeny I.M. Accounting for factors affecting the operating modes of excavation sites in conditions of mining high-gas-bearing coal seams. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; 12 (special issue 43). 12 p.
8. Grazhdankin A.I., Pecherkin A.S., Sidorov V.I. Industrial safety in domestic coal and oil production. *Occupational safety in industry*. 2010; 3:40–47.
9. Kostogryzov A.I., Kosterenko V.N., Timchenko A.N., Artemyev V.B. Fundamentals of emergency resistance of coal enterprises. M.: Publishing House «Mining»; 2014. 336 p.
10. Kolikov K.S., Nikitin S.G. On the issue of improving the conduct of degassing operations at high-performance sites. Collection of scientific papers. Issue 2 «Ways to improve the efficient and safe development of reservoir deposits by underground method». M.: Publishing House «Mining»; 2014. P. 352–355.
11. Decree of the President of the Russian Federation dated 04.11.2020 № 666 «On reducing greenhouse gas emissions». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990>.

12. Desyatkin A.S., Ageev P.G. Technologies of plasma pulse action for methane extraction and degassing of coal seams. *Scientific Journal of the Russian Gas Society*. 2021; 3(31):48–57.

13. Desyatkin A.S., Ageev P.G. Application of plasma pulse technology to increase the permeability of coking coals of increased hardness and low water saturation for the purposes of early degassing. *Equipment and technologies for the oil and gas complex*. 2021; 3(123):90–94.

14. Slastunov S.V., Meshkov A.A., Mazanik E.V., Komissarov I.A. Methodology of experimental tests of technology of cyclic hydraulic impact on a coal seam through wells from the surface. *Mining information and analytical bulletin*. Special issue No. 32 «Safety and ecology of mining production». 2018; 6:17–25. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-32-17-25.

15. Khryukin V.T., Sizikov D.A., Popova T.S., Koryaga M.G. Geological and technological prerequisites for early degassing of mine fields by wells drilled from the surface / In the collection: energy security of Russia. New approaches to the development of the coal industry. *Proceedings of the XIV International Scientific and*

Practical Conference. Edited by Klishin V.I., Ismagilov Z.R., Blumenstein V.Y., Protasov S.I., Dubinin G.P. 2012. Pp. 78–80.

16. Kalinkin A.V., Novikov V.I., Lisina M.A., Sidonsky N.M., Shvachko E.V., Khryukin V.T. Coalbed methane: from experiment to fishing. *Territory «Neftegaz»*. 2013; 3:60–62.

17. Lekontsev Yu.M., Ushakov S.Yu., Mezentshev Yu.B. Ways to increase the efficiency of coal bed degassing. *Coal*. 2020; 4:26–28. DOI:10.18796/0041-5790-2020-4-26-28.

18. Slastunov S.V., Yutyayev E.P., Mazanik E.V., Ermak G.P. Efficiency study of the improved technology of underground hydraulic fracturing of a coal seam for its degassing. *Mining magazine*. 2018; 1:83–87. DOI: 10.17580/gzh.2018.01.15.

19. Kolikov K.S., Khusnutdinov R.B., Polchin A.I., Koroleva V.N. Improvement of degassing of the worked-out space. *Mining information and analytical bulletin*. Special issue No. 1. Proceedings of the international scientific symposium «Miner's Week-2018». 2018. Pp. 224–232.

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Viktor V. Sobolev, Dr. Sc. in Engineering, Chief Researcher JSC «NC VostNII», 650002, Kemerovo, Institutskaya str., building 3, room 1.

Konstantin S. Kolikov, Dr. Sc. in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Safety and Ecology of Mining Production NUST MISIS

Anatoly I. Fomin, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Professor of Department of Aerology, Occupational Safety and Nature, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Vesennaya str., 28, Leading Researcher JSC «NC VostNII», 650002, Kemerovo, Institutskaya str., building 3, room 1.

Nikolay V. Ledyayev, Head of the Emergency Management Department of the Technical Directorate JSC «SUEK-Kuzbass»

Lee Hee Un, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Scientific Secretary, JSC «NC VostNII», 650002, Kemerovo, Institutskaya str., building 3, room 1.

Anatoly A. Trubitsyn, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Vesennaya str., 28,

Noel V. Trubitsyna, Dr. Sc. in Engineering, Researcher at T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Vesennaya str., 28, e-mail: ntrubitsyna@rambler.ru

Contribution of the authors:

Viktor V. Sobolev – an overview of the general state of the issue of coal mine degassing, an analysis of existing means and methods of degassing, ways of their development and improvement.

Konstantin S. Kolikov – issues of improving degassing operations in modern mechanized coal mining, degassing of depleted spaces.

Anatoly I. Fomin – study of industrial safety and labor protection in underground and open-pit coal mining in Russia.

Nikolay V. Ledyayev – investigation of the causes of low level of methane safety.

Lee Hee Un - study the problems that arise during preparatory and cleaning operations, degassing not only in super-categorical mines, but also in category III and II mines, and the imbalance between the pace of cleaning and preparatory work. The question of the depths of coal seam mining.

Anatoly A. Trubitsyn – analysis of existing means and methods of degassing, ways of improvement.

Noel V. Trubitsyna – analysis of existing means and methods of degassing, ways of improvement

All authors have read and approved the final manuscript.

