

Заблаговременная дегазация угольных пластов как фактор повышения безопасности на шахтах Кузбасса

С.С. Золотых✉

г. Кемерово, Российская Федерация

✉zss50@mail.ru

Резюме: В статье автор рассматривает газобезопасность шахт Кузбасса в условиях интенсивной разработки угольных пластов и потенциального повышения газообильности шахт с ростом глубины отработки. Автором приведены данные по метаноносности угольных пластов и удорожанию дегазации с ростом глубины залегания пластов. Представлена статистика о динамике добычи угля, по катастрофам и распределению средних ущербов от взрывов метана на шахтах Кузбасса в XXI в. Показан опыт зарубежных стран в повышении безопасности отработки газоносных пластов. Поставлен вопрос о необходимости внедрения заблаговременной дегазации горных отводов шахт, с использованием технологий СВМ. Приведена технологическая схема заблаговременного извлечения газа из угля (до ведения горных работ в метановой зоне). Согласно этой схеме, строительство и эксплуатация шахты осуществляются недалеко от поверхности с допустимой газоносностью пластов. За 5 лет до начала строительства шахты начинается бурение скважин с поверхности с горизонтальным окончанием в пласте (технология SIS). Ведётся откачка газа в течение 5–7 лет до начала горных работ, и за это время содержание газа в пласте снижается на 70–80% от начального объема. Сделан вывод о необходимости координации работ газодобывающих и угледобывающих структур Российской Федерации, а также об использовании наработанных компетенций угольщиков и газовиков для повышения безопасности угледобычи.

Ключевые слова: газ, метан, уголь, дегазация, месторождение, шахта, газобезопасность, Кузбасс

Для цитирования: Золотых С.С. Заблаговременная дегазация угольных пластов как фактор повышения безопасности на шахтах Кузбасса. Горная промышленность. 2019;(5):18–22. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-05-18-22.

Pre-Mine Coal Bed Drainage as a Factor to Improve Safety in Kuzbass Mines

S.S. Zolotykh✉

Kemerovo, Russian Federation

✉zss50@mail.ru

Abstract: The paper studies prevention of gas explosions in Kuzbass mines in conditions of intensive coal bed development and potential rise in gas abundance with increasing mining depths. The author provided information on methane content in coal beds and rising costs of degassing measures as a function of coal seam occurrence depth. Statistical data is presented on historical changes in coal production, accidents and distribution of averaged damage caused by methane explosions in Kuzbass mines in the 21st Century. The paper describes experience gained in foreign countries in improving safety in development of gas-bearing formations. The necessity has been pointed out to introduce pre-mine drainage of mining allotments using the CBM technology. A process design of pre-mine coal bed drainage (prior to mining operations in the methane-bearing zone) is presented. In compliance with this process design, construction and operation of the mine is done in the shallow zone characterized with admissible gas content in the coal formations. Five years prior to mine construction, horizontal boreholes are to be drilled from the day surface down to the coal bed (surface-to-inseam drilling technology - SIS). Degassing is performed for 5 to 7 years before the mining operations start. During this time, the gas content of the coal seam is decreased by 70-80% of the initial volume. A conclusion is made on the necessity to coordinate activities of gas producing and coal mining organizations in the Russian Federation as well as to introduce best practices gained by coal and gas producers in order to enhance coal mining safety.

Keywords: gas, methane, coal, degassing, deposit, mine, prevention of gas explosions, Kuzbass

For citation: Zolotykh S.S. Pre-Mine Coal Bed Drainage as a Factor to Improve Safety in Kuzbass Mines. Russian Mining Industry. 2019;(5):18–22. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2019-05-18-22.

Введение

При шахтной добыче каменного угля выделение содержащегося в нем метана представляет угрозу жизни работающих под землей людей. Поэтому откачка взрывоопасной смеси воздуха и метана из системы шахт является неизменным компонентом процесса добычи угля, к сожалению, не всегда гарантирующим безопасность. Откачиваемый из системы шахт метан составляет очень малую долю того количества, которое адсорбировано в углях разрабатываемого угольного месторождения, и это является одной из главных проблем, влияющих на безопасность труда шахтёров. Выделения метана в угольных шахтах (даже в условиях наличия дегазации) практически всех основных бассейнов мира неоднократно являлись причиной подземных взрывов газа, приводящих к групповому смертельному травматизму шахтёров. Метановая опасность и формы её проявления обусловлены природными, технологическими, организационными и субъективными факторами. Анализ публикаций, исследования, анализ происшедших за последние годы аварий в мире и на шахтах Кузбасса, свидетельствуют прежде всего о том, что на аварийных шахтах природные, технологические, организационные и субъективные факторы тесно взаимодействовали между собой и в комплексе «работали» на аварийную ситуацию. В тот момент, когда заложенная природой высокая метаносность угольных пластов накладывается на технологические, инженерные ошибки с проветриванием, электроснабжением участков шахты, изоляцией выработанного пространства и т.д., при нередко встречающихся низкой трудовой и технологической дисциплине рабочих и ИТР, а порой и их недостаточной квалификации, изношенности машин и механизмов, аппаратуры и приборов контроля рудничной атмосферы, при нарушении проветривания и загазировании горных выработок, – возрастает вероятность воспламенения уже сформированной «порховой бочки».

В Кузбассе значительное количество действующих шахт относятся к категоризованным по газу. Естественно, чем выше категоризованность шахты, тем выше вероятность потенциального взрыва на ней. Несомненно есть определённые технические и технологические решения по борьбе с газом на разных стадиях жизненного цикла каждой из шахт. Это в первую очередь проведение дегазации при проведении выработок, при очистных работах, газоотсос метановоздушной смеси с помощью специальных вентиляторов или вакуумных станций. Но, так или иначе, все эти работы по дегазации осуществляются, как правило, из пространства (в его контуре) уже сформированной – действующей шахты, располагающей десятками, а то и сотнями километров горных выработок, большими отработанными пространствами, подработанными и надработанными пластами угля в свите, имеющими определённую аэродинамическую и гидравлическую связь, в том числе и с действующими выработками шахты. Весь это конгломерат условий, созданных в результате техногенного воздействия на угольную толщу, на базе значительного содержания метана в среднем по шахтам Кузбасса в объёме 20 м³/тн угля, формирует очень сложную с точки зрения устойчивости систему (угольная шахта) по отношению к такому катастрофическому явлению, как формирование взрывоопасных концентраций газа в действующих горных выработках. Далее уже дело времени, когда эта гремучая смесь (5–15% газовоздушной смеси) встретится с тепловым импульсом, способным её поджечь (эндогенный, экзогенный пожары, заклинивший ролик на конвейере, грозовой разряд, наконец, человеческий фактор...) [1–4].

Газобезопасность шахт Кузбасса

В последние годы применение в кузбасских шахтах новых технологических решений и высокопроизводительной очистной техники мировых фирм, таких как ДЖОЙ и ДВТ, позволили увеличить нагрузки на очистной забой (шахту-лаву). В течение 20 лет производительность очистных забоев на шахтахкратно возросла – до 5–10 тыс. т в сутки. Особенных – рекордных – нагрузок достигли шахтёры СУЭК на ш. им. Ялевского (ш. Котинская), где из очистного забоя уже добывают более 1 млн 600 тыс. т угля в месяц! При этом суточные нагрузки на лаву достигают 45–50 тыс. т! Строятся лавы длиной по падению 400 м (лава 5003 ш. им. Ялевского). Справедливости ради следует сказать, что глубина разработки этих лав пока не превышает 300 м, т.е. для условий Ерунаковских месторождений это зона газового выветривания (X – менее 10 м³/тн метана) и вопрос ограничения нагрузки на забой пока не такой острый, как на более глубоких шахтах. Но запасы (пласты) погружаются вглубь недр, одновременно нарастает метаносность пластов угля (рис. 1) [5–9].

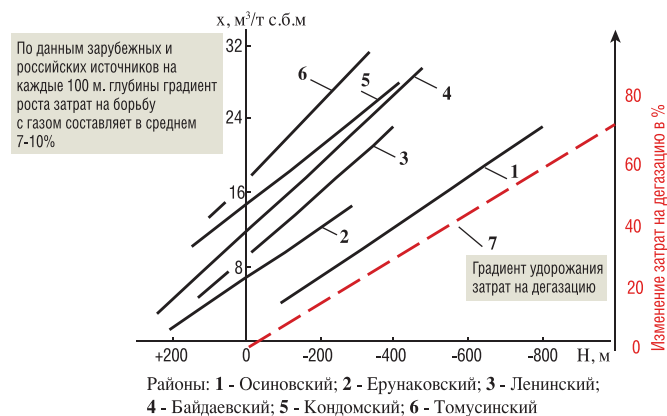


Рис. 1
Метаносность угольных пластов в Кузбассе и удорожание дегазации с ростом глубины залегания пластов

Fig. 1
Methane content in coal beds in Kuzbass and rising costs of degassing measures as a function of coal seam occurrence depths

Доля ограничения производительности очистного забоя по газовому фактору с глубиной разработки угольного пласта будет постоянно возрастать из-за объективного роста газоносности и газокинетических характеристик пласта с глубиной. В то же время при использовании в современных условиях высокопроизводительной добычной техники значительно меняется интенсивность техногенного воздействия на углегазовую среду недр, что несомненно приводит и к более интенсивному газовыделению из разрабатываемого пласта и вмещающих пород (пропластков и спутников). С увеличением глубины и ростом газосодержания сорбированного в угле метана необходимо будет применять специальные технологии дегазации разрабатываемых пластов, дабы обеспечить соответствующие применяемой добычной технике нагрузки. Естественно, издержки на дегазацию будут возрастать (см. рис. 1) синхронно. Российский и мировой опыт указывают на рост затрат на эти цели до 10% на каждые 100 м роста глубины отработки пластов. В Кузбассе шахты в среднем в год опускаются в глубину на 50–70 м. И чем дальше, тем серьезнее будет стоять вопрос газобезопасности [10].

Эффективное извлечение угольного метана из пластов, по-видимому, станет обязательным технологическим условием применения высокопроизводительной и дорогостоящей добычной техники в шахтах Кузбасса. Известно, что сегодня основной объём извлекаемого из недр шахт

метана в регионе приходится на текущие способы дегазации разгруженного массива и, как правило, из горных выработок действующего предприятия. Рано или поздно, в условиях роста глубины и увеличения нагрузок на забои возникнет и будет развиваться далее дисбаланс между ведением очистных и дегазационных работ шахты. Очевидно, что такая тенденция будет отрицательно влиять на безопасность предприятия. С 2000 г. объём добычи угля в Кузбассе вырос практически в 2 раза, в 4 раза возросла производительность труда на шахтах. Причём есть предприятия, имеющие мировые рекорды по нагрузкам на забой (ОАО «СУЭК-Кузбасс»). Вместе с тем в это же время на шахтах Кемеровской области в указанный период произошли, пожалуй, самые тяжёлые за всю историю катастрофы (взрывы газа) на шахтах. Всего в Кузбассе с начала XXI в. случилось 10 взрывов, с гибелью 367 шахтёров и горноспасателей! (рис. 2)

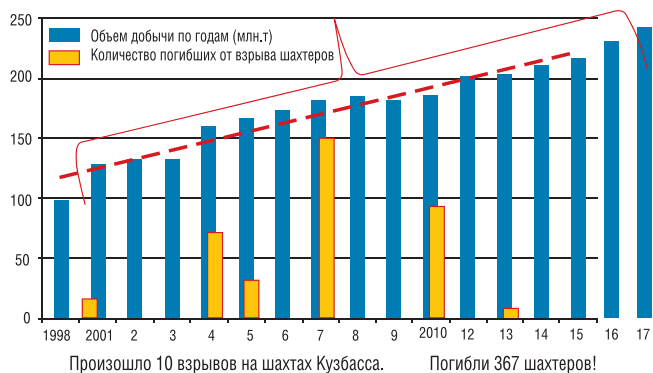


Рис. 2
Динамика добычи угля и катастрофы на шахтах в Кузбассе в XXI в.

Fig. 2
Historical changes in coal production and accidents in Kuzbass mines in the 21st Century

Следует отметить, что угольные компании и контролирующие органы принимают максимум усилий для предотвращения впредь подобных случаев. Вкладываются большие средства в приборы контроля газа, усиления объёмов дегазационных работ, оповещения шахтёров (в том числе персонально) об аварии, позиционирование каждого работника под землёй, всевозможный, (включая видео) контроль и многое другое. Всё это играет несомненно положительную роль, но вряд ли будет являться достаточным с точки зрения безопасности в будущем. Мы сейчас наблюдаем применение высокопроизводительной техники на многих шахтах, и эта тенденция в условиях конкуренции вряд ли будет снижаться. Известно, что практически все месторождения Кузбасса с глубины более 300 м являются по сути не угольными, а углегазовыми месторождениями.



Рис. 3
Диаграмма распределения средних ущербов от взрывов газа метана на шахтах

Fig. 3
Distribution of averaged damage caused by methane explosions in mines

В последнее время формируется представление, что к добыче угля на новых площадях надо приступать после того, как в результате отбора газа из недр его содержание в угольных пластах снизится до допустимого, с точки зрения безопасности уровня.

Необходимо добавить, что выполнение требований безопасности напрямую связано с проблемой повышения эффективности добычи угля и получением экономического эффекта от улучшения использования фронта горных работ в угольных шахтах.

Одной из причин крупных аварий на шахтах являются вспышки и взрывы газозвушной смеси. Эти аварии наносят прямой экономический и социальный ущерб государству, населению и предприятиям. По данным ООО «Газпром Промгаз» (рис. 3), эти аварии наносят прямой экономический и социальный ущерб государству, населению, предприятиям.

Заблаговременная дегазация

Заблаговременная дегазация (до горных работ) могла бы стать базовым инструментом для снижения газоносности угольных пластов шахт (горизонтов), не разгруженных от горного давления, при отработке пластов в последующем. В России отсутствует опыт проведения заблаговременной дегазации. Нет нормативной базы, регламентирующей данную технологию борьбы с газом. Хотя во многих странах имеется такой положительный опыт. Мировой опыт говорит о возможности извлечения (60–80%) сорбированного газа с концентрацией более 90% из неразгруженных угольных пластов в течение 5–7 лет. В дальнейшем отработка запасов угля может продолжиться на месторождении уже с использованием разгрузочного действия на свиту отработанного и заблаговременно дегазированного пласта (ов) с помощью набора инструментов (скважин) заблаговременной и текущей дегазации. Лидерами в области обеспечения метанобезопасности путём извлечения угольного метана из неразгруженных пластов являются угольные и газовые компании США. Опыт американских и австралийских компаний показывает преимущество заблаговременной дегазации скважинами с поверхности в сравнении с дегазацией подземными скважинами. Вместе с тем в КНР и Австралии применяются также комбинированные схемы заблаговременной и текущей дегазации с эффективностью каптирования метана до 80%. Впечатляющих успехов в дегазации шахт с применением заблаговременной дегазации достигли китайские угольные и газовые компании, значительно снизив (в 6 раз) смертность шах-

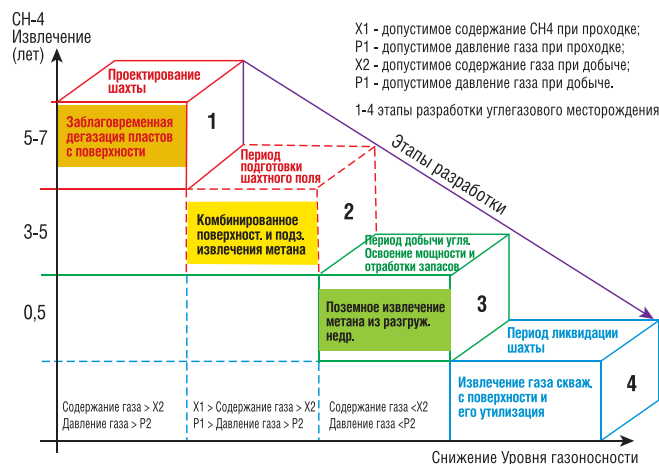


Рис. 4
Модель разработки углегазовых месторождений (шахт)

Fig. 4
Development model of coal and gas deposits (mines)

тёров от взрывов метана в шахтах. На рис. 4 отображена модель разработки углегазовых месторождений в Китае. Этапы разработки месторождения (1-2-3-4), обеспечивают максимальное снижение газоопасности шахт.

Перед началом подготовительных работ (проходка) содержание газа снижается до X1 и ниже, давление снижается до P1 и ниже; началу очистной выемки, предшествует снижение газа до X2 и ниже, а также давление снижается до P2 и ниже.

Технологическая схема заблаговременного извлечения газа из угля (до ведения горных работ в метановой зоне шахты «В») отражена на рис. 5. Строительство и эксплуатация шахты (1-я очередь) осуществляются в зоне «А» (недалеко от поверхности с допустимой газоопасностью пластов). За 5 лет до начала строительства шахты (рис. 5) в зоне «В» начинается бурение скважин с поверхности с горизонтальным окончанием в пласте (технология SIS) по простиранью. Ведётся откачка газа в течение 5–7 лет, до подхода горных работ из зоны «А» в зону «В» (увеличение глубины разработки). За это время содержание газа в пласте снижается на 70–80%.



Рис. 5
Технология совмещения работ по добыче метана и угля

Fig. 5
Technology to combine methane production and coal mining activities

Для выполнения работ по заблаговременной дегазации, конечно, необходимо наличие специализированной производственной структуры, требующее значительных первоначальных затрат, отдача от которых осуществится только через несколько лет.

Как показывает практика, успешность проектов по добыче метана из угольных пластов зависит от качественного подхода к выработке идей по увеличению скорости бурения, росту дебита скважин и снижению затрат. Наличие опытных буровых подрядчиков, собственных сервисных подразделений, а также технологически грамотного персонала, способного постоянно оптимизировать методы работы, позволит создать коммерчески рентабельное производство в течение нескольких лет. Но столь же очевидно, что их отсутствие может задержать получение результатов на десятилетия.

Изучая историю развития проектов добычи метана угольных пластов, можно сделать вывод о том, что они изначально проводились для предварительной дегазации пластов и повышения уровня безопасности работы в шахтах. Анализ информации, публикуемой в прессе в России, Казахстане и в Украине, позволяет предположить, что эти проекты позиционируются скорее как способ дегазации шахт.

Заключение

Компании, специализирующиеся на добыче метана, в будущем могут передать (продать) накопленные знания «угольным» предприятиям, для которых способ заблаговременной дегазации может оказаться выгоднее по сравнению с нынешним. Однако, это еще в перспективе только предстоит реализовать газовикам и шахтёрам.

Одним из способов решения указанных вопросов может стать более активное участие в их обсуждении государственных органов (Минэнерго, Ростехнадзор, МПР, Государственная Дума) еще на этапе технико-экономического обоснования, что позволило бы предусмотреть процедуру передачи накопленных знаний и технологий «угольным» предприятиям. Другой вариант – законодательное закрепление обязанности добывающих уголь компаний оплачивать дегазацию, проведенную описанным способом, в размере, обеспечивающем минимальную экономическую привлекательность для подрядчиков (газовиков). Несомненно ясно, что вопрос консолидации компетенций и усилий разных структур, добывающих уголь и метан как самостоятельное полезное ископаемое, давно назрел. Чем быстрее и раньше начнется этот процесс, тем более успешными станут проекты в обоих направлениях углегазового бизнеса (добычи угля и газа). И тем выше будет интерес к ним со стороны инвесторов.

Скорее всего, интенсификация и эффективность добычи газа из угольных пластов приведут к появлению новых взглядов на шахтную разработку угля, по-прежнему остающегося одним из основных источников энергии.

Следовательно, технологии, применяемые для рентабельной и безопасной отработки этих запасов угля и газа, должны соответствовать этим условиям и где-то дополняться (заменяться) приёмами и компетенциями смежной по недрам отрасли.

Выводы:

- объёмы добычи угля в Кузбассе с начала XXI в. возросли в 2 раза;
- многократно выросла нагрузка на очистной забой в шахтах;
- газоопасность угольных пластов Кузбасса и затраты на дегазацию шахт растут с глубиной;
- в XXI в. в Кузбассе произошло 10 взрывов газа на шахтах;
- опыт зарубежных стран, показывает, что риск взрывов газа в шахтах можно минимизировать за счёт заблаговременной дегазации угольных пластов и совмещения работ по добыче угля с реализацией на шахтах комплекса дегазации с использованием технологий шахтной (текущей) дегазации и технологий СВМ;
- очевидна целесообразность (необходимость) заблаговременной дегазации пластов шахт, нужна соответствующая нормативная база, регламентирующая применение данной технологии;
- в Кузбассе с 2009 г. ПАО «Газпром» реализуется проект добычи метана из угольных пластов промышленными методами, наработаны компетенции в вопросах СВМ для условий Кузбасса на промыслах в Прокопьевском и Новокузнецком районах области¹;
- по-видимому, назрела необходимость координации работ обеих (угольной и газовой) отраслей страны, а также консолидации знаний для возможного совместного решения вопросов газобезопасности угледобычи.

¹ Технология высокоэффективной добычи и перспективы ресурсов метана угольных пластов / Рабочая группа по научно-техническому сотрудничеству ПАО «Газпром» и ООО «КННК». КНР, 2018.

Используемые термины

- «**VAM**» – Ventilation Air Methane. Метан исходящей вентиляционной струи, концентрация метана в воздухе менее 1%;
- «**CSM**» – Coal Seam methane. Метан из угольных пластов действующих шахт, концентрация 25–60%;
- «**СММ**» – Coal Mine Methane. Метан из закрытых угольных шахт, концентрация 60–80%;
- «**СВМ**» – Coal Bed Methane. Метан из незгруженных угольных пластов, извлекаемый с помощью скважин, пробуренных с поверхности, концентрация более 90%;
- Дегазация заблаговременная** – дегазация углеводородного массива скважинами с поверхности до начала подготовительных и очистных работ шахты;
- Дегазация предварительная** – дегазация разрабатываемых, подрабатываемых и надрабатываемых угольных пластов скважинами из горных выработок шахты, до начала очистных работ с изолированным отводам газа на поверхность;
- Дегазация текущая** – дегазация источников газовой выделению в процессе ведения горных работ с изолированным отводом метана на поверхность.

Список литературы

1. Золотых С.С. Из недр кузбасских кладовых – горючий газ метан. Кемерово: Кузбассвуиздат; 2015.
2. Золотых С.С., Карасевич А.М. Проблемы промышленной добычи метана в Кузнецком угольном бассейне. М.: ИСПИН; 2002.
3. Золотых С.С. Разработка технологической системы эффективной и безопасной отработки свит пологих газоносных угольных пластов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2002.
4. Казанцев В.Г., Золотых С.С. Диагностика и управление состоянием массива горных пород. Кемерово: Кузбассвуиздат; 2001.
5. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. М.: Академия горных наук; 2000.
6. Цикарев Д. А., Архипов А. Я., Голицын А. М., Богомолов А. Х., Пронина Н. В., Голицын М. В. Газоугольные бассейны России и мира. М.: Московский государственный университет им. Ломоносова; 2002.
7. Рубан А.Д., Артемьев В.Б., Забурдяев В.С., Захаров В.Н., Логинов А.К., Ютяев Е.П. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов. М.: Горная книга; 2010.
8. Черданцев А.М. Прогноз метановыделения на выемочных участках с учётом влияния геомеханических процессов. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017;(5):106–111. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-5-106-110.
9. Калинин С.И., Роут Г.Н., Игнатов Ю.М., Черданцев А.М. Обоснование суточной добычи угля из лавы длиной 400 метров в условиях ш. им. Ялевского. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018;(5): 27–35. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-5-27-34.
10. Пучков Л.А., Слостун С.В. Проблемы угольного метана – мировой и отечественный опыт их решения. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007;(4):5–24.

References

1. Zolotykh S.S. Subsoil Assets of Kuzbass: Methane Combustible Gas. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat; 2015. (In Russ.)
2. Zolotykh S.S., Karasevich A.M. Challenges of Commercial Methane Production in Kuzbass Coal Basin. Moscow: ISPIN; 2002. (In Russ.)
3. Zolotykh S.S. Development of Effective and Safe Complex Technology for Mining Flat Gas-Bearing Coal Seams: Doctoral Thesis in Engineering Science. Moscow, 2002. (In Russ.)
4. Kazantsev V.G., Zolotykh S.S. Diagnostics and Control of Rock Mass State. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat; (In Russ.)
5. Malyshev Yu.N., Trubetskoi K.N., Airuni A.T. Fundamental Methods and Applied Approach to Respond to Coal Bed Methane Challenges. Moscow: Akademiya gornykh nauk; 2000. (In Russ.)
6. Tsikarev D. A., Arkhipov A. Ya., Golitsyn A. M., Bogomolov A. Kh., Pronina N. V., Golitsyn M. V. Gas and Coal Basins in Russia and in the World. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 2002. (In Russ.)
7. Ruban A.D., Artem'ev V.B., Zaburlyaev V.S., Zakharov V.N., Loginov A.K., Yutyaev E.P. Preparation and Mining of Coal Seams with High Gas Content. Moscow: Gornaya kniga; 2010. (In Russ.)
8. Cherdantsev A.M., Sidorenko A.A. The prediction of methane emission on longwall panels by taking into account the influence of geomechanical processes. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2017;(5):106–111. (In Russ.) DOI: 10.26730/1999-4125-2017-5-106-110.
9. Kalinin S.I., Route I.G.N., Ignatov Yu.M., Cherdantsev A.M. The required for the daily production of coal from lava length of 400 meters in the conditions of the mine named after V.D. Yalovsky. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2018;(5): 27–35. (In Russ.) DOI: 10.26730/1999-4125-2018-5-27-34.
10. Puchkov L.A., Slastunov S.V. Coal Methane Issues: International and Russian Experience. Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining informational and analytical bulletin. 2007;(4):5–24. (In Russ.)

Информация об авторах

Золотых Станислав Станиславович – доктор технических наук, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: zss50@mail.ru

Information about the author

Stanislav S. Zolotykh – Doctor of Engineering, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: zss50@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 27.05.2019
Одобрена рецензентами: 19.06.2019, 12.07.2019
Принята к публикации: 21.07.2019

Article info

Received: 27.05.2019
Reviewed: 19.06.2019, 12.07.2019
Accepted: 21.07.2019