

УДК 622.831.325

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА
ИЗ ПЛАСТОВ-СПУТНИКОВ****Цыганков Д.А., Осипова Т.В.***ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет НЭТИ»,
Новосибирск, e-mail: tsyganov@corp.nstu.ru*

В статье рассмотрен вопрос возможности снижения концентрации метана в исходящей струе воздуха лавы за счёт повышения степени эффективности дегазации выработанного пространства, выражающегося в дополнительном извлечении газа из отработанных подрабатываемых пластов-спутников различной мощности. Исходя из опыта ряда стран – членов Европейского союза предложен совместный учёт возможностей вентиляции и дегазации выемочного участка, оптимальное соотношение технологических возможностей которых по отведению метана должно находиться на уровне 70%. Несмотря на повышенную сложность проведения работ по дегазации и с учётом того, что вентиляция исчерпала свои возможности, в качестве конкретных технологических мер было предложено бурить газодренажные скважины из откаточного штрека не только на надрабатываемые пласты-спутники (газовыделение 4,29 м³/т), но и на подрабатываемые пласты-спутники различной мощности (газовыделение 0,38 м³/т) с направлением дополнительного газового потока в подземный дегазационный трубопровод, соединённый с вакуум-насосом, расположенным на поверхности. В результате проведённых в течение одного года наблюдений горных мастеров за результатами внедрения предложенных мероприятий выяснилось, что концентрация метана в воздухе исходящей струи лавы снизилась в среднем на 22,2%, а общее количество газа, поступающего в подземный дегазационный трубопровод, возросло на 8,9%. Внедрённые мероприятия позволили обеспечить постоянную концентрацию метана в воздухе исходящей струи лавы на уровне, не превышающем нормативный (1% при отсутствии использования аппаратуры автоматического контроля метана) и увеличить нагрузку на очистной забой без нанесения ущерба безопасности горных работ.

Ключевые слова: вентиляция, дегазация, лава, метан, концентрация, газодренажная скважина, дегазационный трубопровод

**INCREASING THE EFFICIENCY OF METHANE EXTRACTION
FROM SATELLITE SEAMS****Tsyganov D.A., Osipova T.V.***Novosibirsk State Technical University NETI, Novosibirsk, e-mail: e-mail: tsyganov@corp.nstu.ru*

The article discusses the issue of the possibility of reducing the concentration of methane in the outgoing stream of lava air by increasing the degree of degassing efficiency of the worked-out space, which is expressed in the additional extraction of gas from the exhausted undermined satellite layers of different thickness. Based on the experience of a number of member countries of the European Union, a joint accounting of the ventilation and degassing capabilities of the mining area was proposed, the optimal ratio of technological capabilities of which for methane removal should be at the level of 70%. Despite the increased complexity of degassing work and taking into account the fact that ventilation has exhausted its capabilities, it was proposed to drill gas drainage wells from the exit drift not only to the overworked satellite formations (gas release 4.29 m³/t) as specific technological measures, but also to the developed satellite layers of various capacities (gas release 0.38 m³/t) with the direction of additional gas flow into an underground degassing pipeline connected to a vacuum pump located on the surface. As a result of the observations of mining foremen over the results of the implementation of the proposed measures, carried out during one year, it was found that the concentration of methane in the air of the outgoing lava jet decreased by an average of 22.2%, and the total amount of gas entering the underground degassing pipeline increased by 8.9%. The implemented measures made it possible to ensure a constant concentration of methane in the air of the outgoing lava stream at a level not exceeding the standard (1% in the absence of the use of automatic methane control equipment) and to increase the load on the face without compromising the safety of mining operations.

Keywords: ventilation, degassing, lava, methane, concentration, gas drainage well, degassing pipeline

Высокой интенсивности добычи угля подземным способом невозможно достичь без управления процессом отведения метана средствами вентиляции и дегазации выемочного участка. В настоящее время для снижения количества метана, поступающего в горные выработки, применяется дегазация главных источников его выделения – разрабатываемых, сближенных подрабатываемых и надрабатываемых пластов угля (пластов-спутников), а также газо-

носных пород и выработанного пространства недр. В зависимости от газового баланса выемочного участка применяется один или несколько способов дегазации главных источников выделения метана. Несмотря на то, что количество метана, извлекаемого из отработанных пластов-спутников, является относительно невысоким, в отдельных случаях его роль в газовом балансе выемочного участка может быть значительной. Все подземные горные

предприятия по добыче угля в результате своей производственно-технологической деятельности загрязняют окружающую среду выбросами метана. Основными источниками его поступления являются вентиляционные и дегазационные системы действующих шахт, непогашенные вскрывающие горные выработки закрытых предприятий, а также склады угля и породные отвалы. Выбросы метана российскими шахтами ежегодно растут примерно на 4%. В случае оборудования всех шахт Кузнецкого бассейна дегазационными системами темпы извлечения метана в нём достигли бы 35–40%. Основной причиной сдерживания применения дегазации на шахтах Кузнецкого бассейна, а также её низкой эффективности является недостаток инвестиций в современное оборудование и контрольно-измерительную аппаратуру [1]. Высокие концентрации метана в атмосфере выемочного участка могут привести к снижению нагрузки на очистной забой в 1,5–3 раза. Производственные мощности шахт, газообильность очистных забоев которых составляет 7–10 м³/т добытого угля, в 2–3 раза выше, чем шахт с газообильностью 20–60 м³/т [2].

Целью исследования является поиск путей решения проблемы снижения концентрации метана в исходящей струе воздуха лавы за счёт повышения степени его извлечения из выработанного пространства недр.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования является пласт угля со средней мощностью 3,2 м, разрабатываемый подземным способом на глу-

бине 400–440 м в условиях центрального Кузбасса. Основными методами исследования являются наблюдение за газовой обстановкой на выемочном участке, проведение эксперимента по предложениям, служащим для её нормализации, а также анализ полученных статистических данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Для планирования извлечения шахтного метана в ряде стран Европейского союза используется подход, который разграничивает количества газа, отводимые средствами вентиляции и дегазации выемочного участка, с целью прогноза общей стоимости всего процесса его отведения. В качестве критерия эффективности выступает величина соотношения стоимости работ по отведению метана средствами дегазации и вентиляции (рис. 1) [3].

На рис. 1 представлены результаты обобщения опыта вентиляции и дегазации очистных забоев ряда глубоких шахт со средней нагрузкой на очистной забой, находящейся на уровне 1500–2000 т/сутки. Значение оптимума 70% корректируется в зависимости от изменения величины этой нагрузки и фактических размеров отработываемой панели. При этом безусловно работающая вентиляция добычных участков может не обеспечивать безопасных концентраций метана в исходящих струях лав исключительно по причине низкой эффективности предварительной и текущей дегазации разрабатываемого угольного пласта, исчерпав пределы своих технологических возможностей.

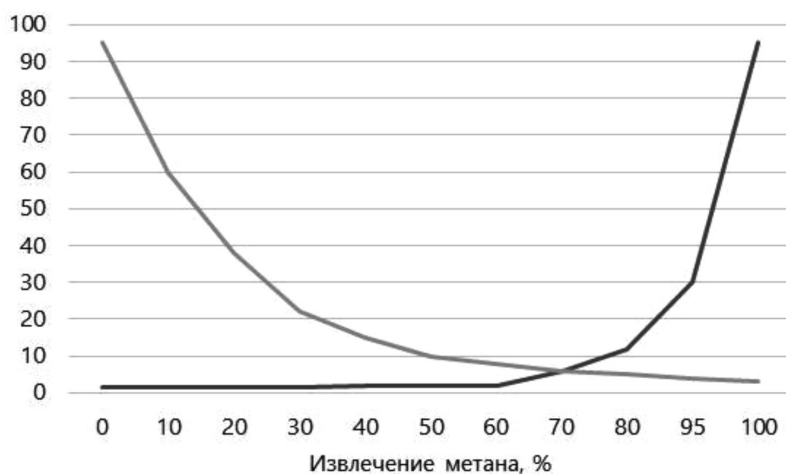


Рис. 1. Оптимальное соотношение стоимости работ по дегазации (тёмная кривая линия) и вентиляции (светлая кривая линия) выемочного участка, %

В рассматриваемом случае в условиях центрального Кузбасса ведётся разработка пласта угля с промышленными запасами 800 тыс. т, залегающего на глубине 420 м, со средней мощностью 3,2 м и углом падения $0-7^\circ$. Природная газоносность угля составляет 14–17 м³/т. Пласт является склонным к самовозгоранию, опасным по взрыву угольной пыли и газа, а также угрожаемым по горным ударам. Вмещающие горные породы представлены аргиллитами и алевролитами крепостью 2 и 7. Подработанные пласты-спутники мощностью 4, 2,5 и 2,2 м в настоящее время отработаны.

Длина лавы по простиранию составляет 890 м, а по фронту – 202 м. При отбойке угля применяется очистной механизированный комплекс 2КМК800.3Р с комбайном МВ12-2 и лавовым конвейером Глиник-298. Отработка запасов осуществляется обратным ходом – от флангов к бремсбергам. Транспортирование угля осуществляется по откаточному штреку ленточным конвейером 2ПТ-120. Система разработки – длинными столбами по простиранию [4].

Схема проветривания лавы – комбинированная с отведением метановоздушной смеси по подземным горным выработкам, а также с помощью поверхностной газоотсасывающей установки. Свежая струя поступает в лаву из вентиляционного бремсберга по конвейерному штреку. Отработанная струя выдаётся по вентиляционному штреку на конвейерный бремсберг. Часть отработанной струи поступает по трубе диаметром 800 мм к скважине, связанной с газоотсасывающей установкой ВЦГ-9, оснащённой двумя вентиляторами [5].

Дегазация выемочного участка осуществляется тремя способами. Первый заключается в извлечении метана через купол обрушения, находящийся в выработанном пространстве, в скважину, расположенную на поверхности. Купол обрушения служит для повышения эффективности дегазации выработанного пространства через скважины, находящиеся на поверхности и подключённые к наземной дегазационной установке. Второй способ представляет собой изолированный отвод метана по газодренажным скважинам, находящимся в конвейерном штреке, в подземный трубопровод. Изолированный отвод метана служит для повышения эффективности дегазации выработанного пространства через подземный дегазационный трубопровод, подключённый к ротационным насосам и соеди-

нённый с вакуум-насосом, расположенным на поверхности. Здесь используются фильтры тонкой очистки метановоздушной смеси и огнепреградители. Третий способ включает в себя пластовую дегазацию, осуществляемую через скважины, находящиеся в конвейерном штреке и набуренные в разрабатываемый пласт, а также на надрабатываемые пласты-спутники. Она служит для повышения эффективности дегазации разрабатываемого пласта и пластов-спутников [6, 7].

В существующих условиях концентрация метана в исходящей струе лавы часто превышает нормативное значение в 1%, которое необходимо обеспечить в условиях отсутствия аппаратуры АКМ (автоматического контроля метана). Это периодически требует снижений нагрузки на очистной забой с целью сокращения количества метана, выделяющегося из угля, проявляющейся в сокращении объёмов его добычи. Наличие аппаратуры АКМ, допускающее временное присутствие концентраций метана в исходящей струе лавы на уровне до 1,3%, не является решением проблемы.

Сущность предложений по поиску пути решения проблемы заключается в обеспечении понижения концентрации метана в исходящей струе воздуха лавы за счёт повышения степени его извлечения из выработанного пространства недр. Для этого было предложено в течение 2019 г. бурить скважины из откаточного штрека не только на неотработанные надрабатываемые пласты-спутники (фактическое газовыделение составляет 4,29 м³/т), но и на отработанные подработываемые пласты-спутники (расчётное газовыделение – 0,38 м³/т), а в течение 2020 г. вести контрольные замеры.

По результатам проделанной работы сравнительные показатели отведения метана средствами вентиляции и дегазации выемочного участка представлены на рис. 2 и 3.

В результате реализации внесённых предложений среднегодовое отведение метана средствами вентиляции (исходящая струя лавы и газоотсос) в 2020 г. сократилось по сравнению с 2018 г. в среднем на 2 м³/мин с 41,6 м³/мин до 39,6 м³/мин (на 4,8%).

В результате реализации внесённых предложений среднегодовое отведение метана средствами дегазации (купол обрушения, изолированный отвод и пластовая) в 2020 г. увеличилось по сравнению с 2018 г. в среднем на 1,4 м³/мин, с 15,8 м³/мин до 17,2 м³/мин (на 8,9%).

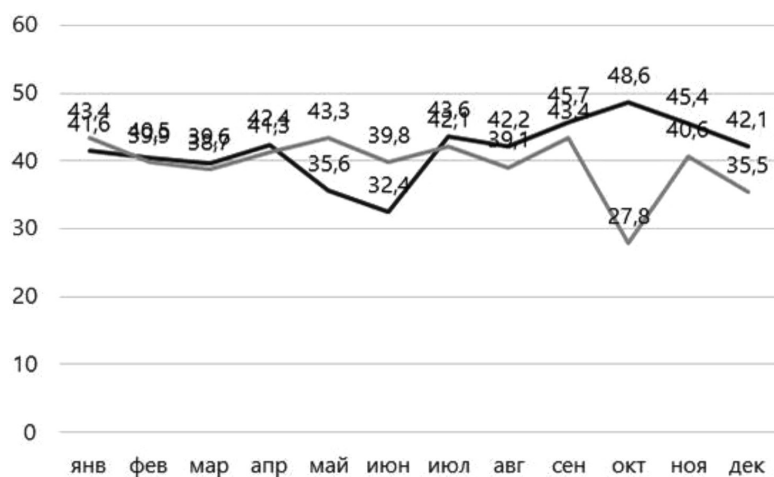


Рис. 2. Сравнительные показатели отведения метана средствами вентиляции в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), м³/мин

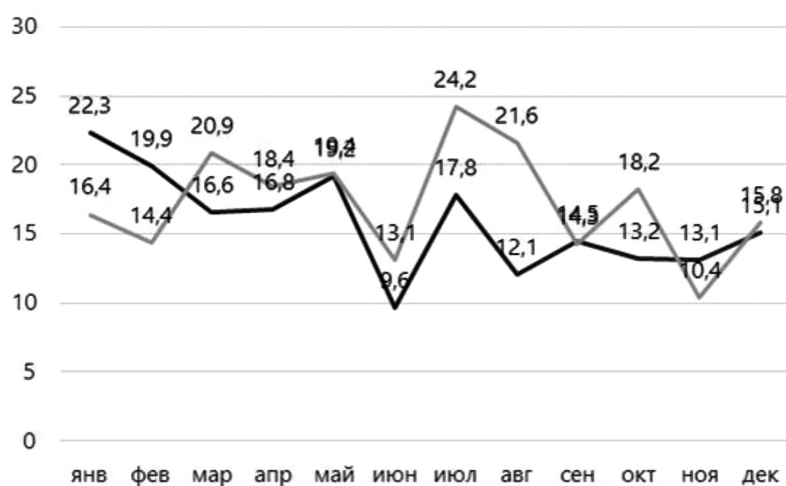


Рис. 3. Сравнительные показатели отведения метана средствами дегазации в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), м³/мин

По результатам проделанной работы сравнительные показатели концентрации метана, достигаемые путём эксплуатации существующих средств вентиляции и дегазации выемочного участка, представлены на рис. 4 и 5.

В результате реализации внесенных предложений концентрация метана в исходящей струе лавы в 2020 г. сократилась по сравнению с 2018 г. в среднем на 22,2% и стала постоянно меньшей 1% за счёт сокращения проникновения метана из отработанных подрабатываемых пластов-спутников (с 0,9% до 0,7%).

В результате реализации внесенных предложений концентрация метана в подземном дегазационном трубопроводе в 2020 г. возросла по сравнению с 2018 г.

в среднем на 9,5% за счёт увеличения количества извлекаемого метана из отработанных подрабатываемых пластов-спутников (с 31,6% до 34,6%).

Выводы

В результате использования предложенных мероприятий получен следующий эффект:

1. Среднегодовое выделение метана в лаву из выработанного пространства недр (включая подрабатываемые пласты-спутники) сократилось с 1,4 м³/т добываемого угля в 2018 г. до 1,3 м³/т добываемого угля в 2020 г. (на 7,1%).

2. Доля вентиляции в общем объёме отводимого метана в 2020 г. снизилась на 5% по сравнению с 2018 г.

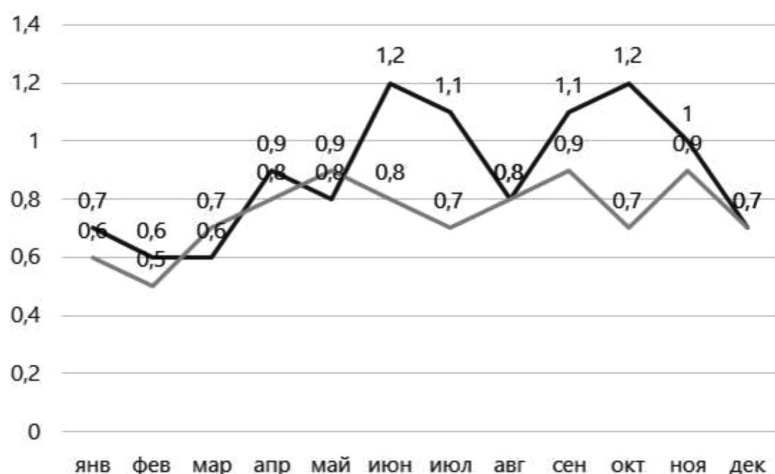


Рис. 4. Концентрации метана в исходящей струе лавы в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), %

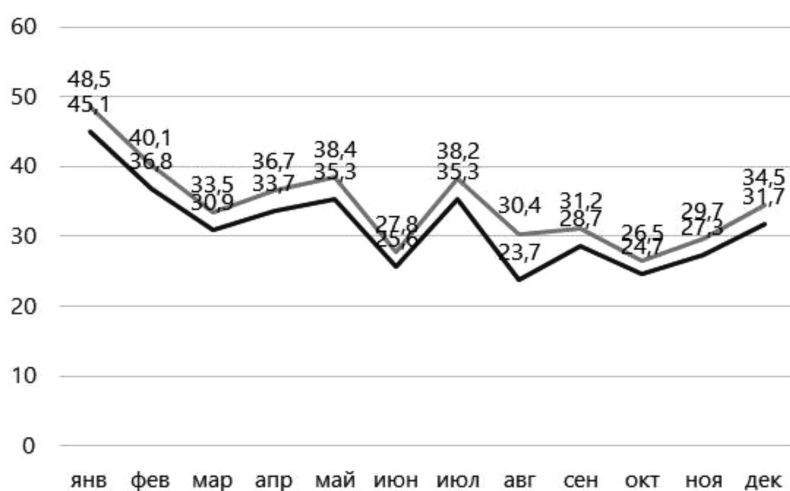


Рис. 5. Концентрации метана в подземном дегазационном трубопроводе в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), %

3. Доля дегазации в общем объёме отводимого метана в 2020 г. увеличилась на 8,9% по сравнению с 2018 г.

4. Средняя добыча из лавы получила возможность увеличения на 1,1% и может составить до 4550 т/сут.

Список литературы / References

1. IEA: Coal Mine Methane in Russia: Capturing the Safety and Environmental Benefits. International Energy Agency. 2016. 54 p.
2. Шахтный метан в России: Использование с выгодой для безопасности и охраны окружающей среды. ОЕСР/МЭА, 2010. 48 с.
3. Coal Mine Methane in Russia: Benefiting for Safety and Environmental Protection. OYESR/ MEA, 2010. 48 p. (in Russian).
3. Creedy D.P., Saghafi A., Lama R. Gas Control in an Underground Coal Mining. IEACR/ 91. London: IEA Coal Research, 1997. 122 p.
4. Ютяев Е.П. Подземная разработка пологих газоносных угольных пластов длинными забоями. М.: Горная книга, 2017. 288 с.
- Yutyayev E.P. Underground mining of flat gas-bearing coal seams with long faces. M.: Gornaya kniga, 2017. 288 p. (in Russian).
5. Голинько В.И., Лебедев Я.Я., Муха О.А. Вентиляция шахт и рудников. Донецк: Национальный горный университет, 2012. 266 с.
- Golinko V.I., Lebedev Ya.Ya., Mukha O.A. Ventilation of mines and mines. Donetsk: Natsional'nyy gornyy universitet, 2012. 266 p. (in Russian).
6. Курта И.В. Методы и схемы дегазации угольных пластов. Ухта: УГТУ, 2015. 35 с.
- Kurta I.V. Methods and schemes for degassing coal seams. Ukhta: UGTU, 2015. 35 p. (in Russian).
7. Инструкция по дегазации угольных шахт. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований промышленной безопасности», 2013. 250 с.
- Instructions for degassing coal mines. M.: ZAO «Nauchno-tekhnicheskiy tsentr issledovaniy promyshlennoy bezopasnosti», 2013. 250 p. (in Russian).