

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.34.89.004

УДК 622.831.322

© М.С. Плаксин, 2021

М.С. ПЛАКСИН

канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН,
г. Кемерово
e-mail: plaksin@bk.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

В статье рассматривается перспективность использования данных систем аэрогазового мониторинга для оценки газокинетических свойств угольного пласта при проведении подготовительных выработок.

На примере анализа метанообильности одной выработки выполнена оценка газокинетической характеристики угольного пласта по трассе проведения выработки.

Ключевые слова: ГАЗОНОСНОСТЬ, МЕТАНООБИЛЬНОСТЬ, УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ, ГАЗОКИНЕТИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ.

С внедрением передовых технологий в горнодобывающую промышленность возможность увеличения темпов проведения подготовительных выработок и отработки выемочных столбов в разы возросли, но только с технической стороны вопроса, поскольку основным сдерживающим фактором остается газовый.

Современные системы аппаратуры газового контроля (АГК) с возможностью сохранения информации о газовой реакции угольного пласта на технологическое воздействие предоставляют возможность для ее анализа, в том числе появляется возможность применения методов математического моделирования. В настоящее время использование данной информации практически не развивается, хотя она представляет интерес для оперативной оценки газовой и газодинамической опасности с позиции заблаговременного принятия технологических решений по пре-

дотвращению опасных ситуаций.

Исследования в этом направлении активно начали вестись с конца 60-х годов. В работах О.И. Чернова показана связь интенсивности газовыделения с давлением газа в пласте — одним из основных факторов выбросоопасности [1]. В настоящее время, подготовлены и прошли промышленные испытания методы прогноза газодинамической опасности по метанообильности подготовительной выработки А.Г. Хейфеца (ННЦ ГП — ИГД им. А.А. Скочинского) [2], В.В. Славлюбова (ВостНИИ) [3], Г.Я. Полевщикова (ИУУ СО РАН) [4].

На основе анализа фактических данных, полученных в период проведения подготовительных выработок, имеется возможность оценивать интенсивность дегазации приконтурной части пласта, выявлять ситуации входа забоев в зоны повышенной газодинамической активности, уточнять ожидаемую метаноо-

бильность в выработках, проводимых в непосредственной близости от анализируемой выработки.

Типовая схема аэрогазового контроля по длине тупиковой выработки [5] состоит из 3-х датчиков замера концентрации метана: датчик у забоя, датчик в 20-ти м от забоя и датчик на исходящей струе. Требуется комплексный подход при оценке метанообильности выработки с использованием данных показаний трех датчиков концентрации метана, отвечающий современным темпам ведения горных работ и уровню технологических возможностей.

По интенсивности поступления метана в выработку в процессе ее проведения метанообильность разделяют на 3 вида: фоновую, нарастающую (совпадает со временем взятия проходческим комбайном заходки) и снижающуюся (после взятия заходки) (рис. 1). Подвижение одиночной горной выработки по угольному пласту вызывает изменение природного напряженного состояния в ее окрестностях (рис. 2).

Повышенный ток метана через поверхность забоя происходит в результате скачка опорного давления вглубь забоя, а также за счет образования новой поверхности отбиваемого угля в результате взятия заходки проходческим комбайном.

В отличие от представленных на рисунке 1 и 2 реакций угольного пласта на единичное взятие очередной заходки подготовительным комбайном, общая газокинетическая реакция угольного пласта более хаотична и мало прогнозируема (рис. 3). В качестве причин можно отметить взаимное наложение нелинейных геомеханических и газокинетических процессов на процесс газоистощения из пласта при меняющихся темпах продвижения подготовительной выработки. Исследование взаимосвязи газогемеханических процессов в угольном пласте актуально как при проходческих, так и при очистных работах [6, 7]. Данное исследование в совокупности с исследованиями связи проницаемость – механические напряжения в пласте [8] способно повысить качество прогноза эффективности дегазационных мероприятий [9, 10, 11].

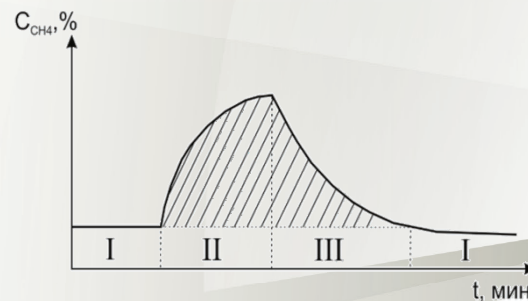


Рис. 1. Изменение концентрации поступающего в выработку метана в момент взятия заходки проходческим комбайном: I — фоновое; II — метановыделение в процессе взятия заходки; III — метановыделение после взятия заходки

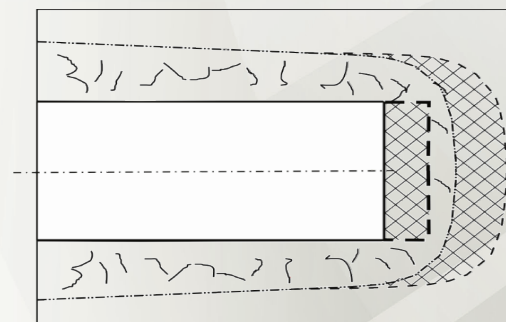


Рис. 2. Схема развития зоны неупругого деформирования в приконтурной части подготовительной выработки вследствие взятия очередной заходки (вид сверху)
Условные обозначения: — — граница выработки; - - - изменение границы выработки в результате взятия заходки; - · - · - граница зоны неупругих деформаций в окрестности выработки; - : - : - изменение границы зоны неупругих деформаций в окрестности выработки в результате взятия заходки

Для исследования влияния темпов продвижения подготовительного забоя на активность газокинетической реакции угольного пласта проанализированы данные о проведении вентиляционного штрека 560, проводимого по пласту 5 на Чертинском месторождении. Отметим, что природная газоносность пласта 5 в районе проведения вентиляционного штрека 560 составляет порядка 22 м³/т.

Логично предположить, что газовая реакция пласта зависит от интенсивности обнажения новой поверхности пласта или ско-

рости проведения выработки, т. е. чем выше темпы проведения выработки, тем больше должно поступать метана в атмосферу выработки. На рис. 5 можно выделить несколько

выраженных амплитудных пиков (отмечены вертикальными пунктирными линиями) по данным метанообильности без прямой связи с темпом подвигания выработки.

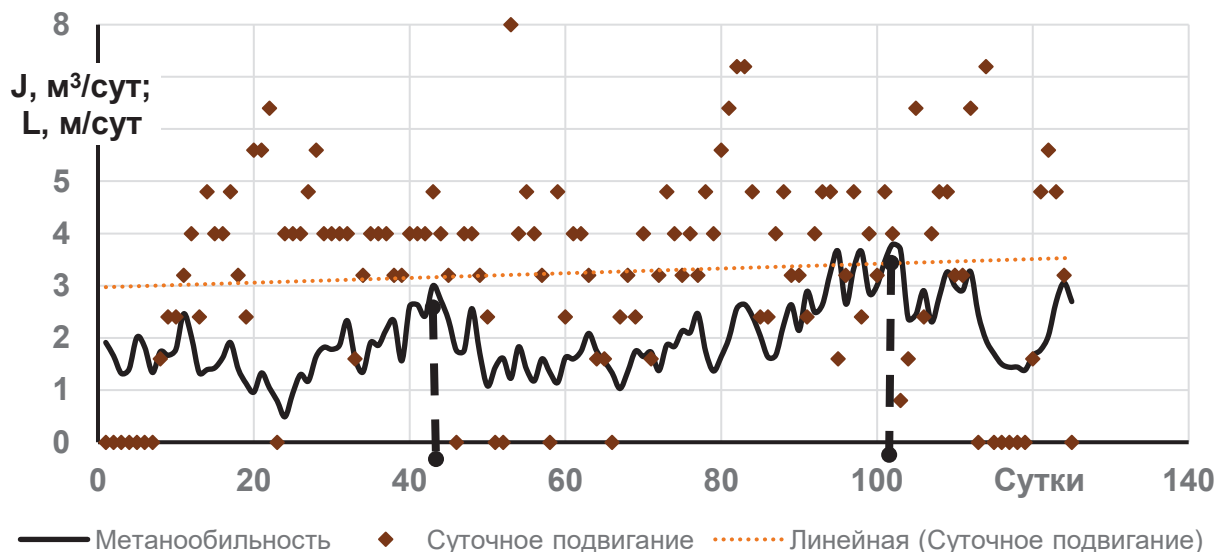


Рис. 3. Изменение метанообильности J и темпов подвигания L подготовительной выработки

Рассмотрим газовую реакцию угольного пласта в течение суток (посменно). Газовая реакция угольного пласта при проведении подготовительной выработки имеет свои особенности с учетом сменной работы проходческого участка. Проходческий цикл состоит из 4-х смен: первой — ремонтной, и трех рабочих. В ремонтную смену, как правило, воз-

действие проходческим комбайном на забой отсутствует. Согласно выполненным исследованиям для вентиляционного штрека 560 (рис. 4) наиболее высокая метанообильность наблюдается в последнюю рабочую смену, а наименьший газоприток в выработку — в первую (ремонтную) смену, и далее имеет нарастающий характер во вторую и третью.

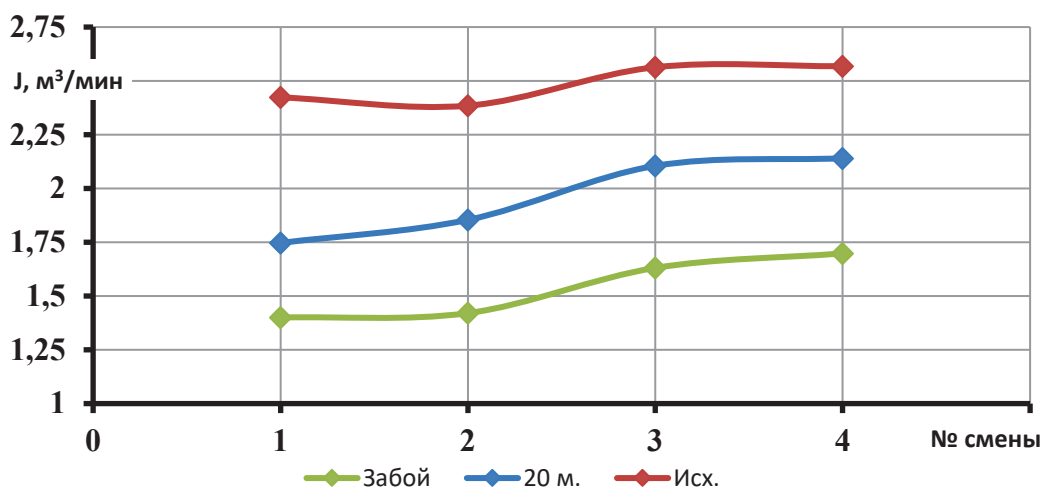


Рис. 4. Изменение средней метанообильности вентиляционного штрека 560 по сменам

Средний темп подвигания вентиляционного штрека 560 — 3,2 м/сутки, т. е. 4 заходки комбайна в сутки (рис. 3). В результате взятия 4-х заходов за три рабочие смены, метанообильность в четвертую смену регистрировалась на 20 % больше, чем в ремонтную, что указывает на очевидную связь скорости обнажения новой поверхности пласта с активностью газокинетической реакции пласта.

В качестве одной из наиболее вероятных причин повышения газовыделения в выработку без связи с темпами подвигания (рис. 3), является повышение доли свободного газа.

Рассмотрим структуру газоносности пласта по формам его существования.

Метан в угольных пластах в естественных условиях в основном содержится в трех «состояниях», согласно [7]:

$$\chi = \chi_r + \chi_c + \chi_{св}, \quad (1)$$

где χ_r — газ (метан) в составе твердого углегазового раствора (абсорбированный), м³/т; χ_c — адсорбированный метан, м³/т; $\chi_{св}$ — свободный метан, м³/т.

В [12] указывается, что доля свободного газа в угле варьируется в пределах 2–12 %, но указано, что заявленные пределы могут

количественно изменяться в зависимости от особенностей макроструктуры угля, молекулярного строения мацералов, характера распределения природного давления и степени метаморфизма. Тогда повышенные пики могут быть объяснены входением выработки в зону пласта с повышенной долей свободного газа. Таким образом, увеличение амплитудного пика на рис. 5 (110 суток) на 50 % от среднего не свидетельствует о повышении газоносности пласта; вероятнее предположить, что на данном участке пласта меньшая доля метана покидает выработку в отбиваемом угле.

ВЫВОД

Выполненное исследование в части представленного подхода к анализу данных систем аэрогазового контроля указывает на перспективность данного направления, в части оценки наличия зон с повышенной газокинетической активностью. Представленные результаты по выявлению зон повышенной газокинетической активности угольного пласта полезны тем, что нарушенные зоны пласта, представляющие зоны повышенной опасности по газодинамическим явлениям, также обладают повышенной газокинетической активностью угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов О.И. Прогноз опасных по внезапным выбросам участков пластов в угольных шахтах / В кн.: Вопросы безопасности угольных шахтах. Труды ВостНИИ. М., 1959. Т. 1. С. 88–106.
2. Хейфец А.Г., Ходжаев Р.Р., Антонов А.В. и др. Разработка автоматизированного способа прогноза выбросоопасных зон и контроля эффективности способов предотвращения выбросов в подготовительных выработках шахт Карагандинского бассейна // Внезапные выбросы угля и газа, рудничная аэрология. М., 1992. С. 96–100.
3. Рудаков В.А., Крючков В.И., Славолубов В.В. и др. Метод автоматизированного прогноза выбросоопасных зон угольных пластов в крутопадающих подготовительных выработках // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах. Кемерово, 1998. С. 53–54.
4. Методика прогноза газодинамических явлений с использованием аппаратуры контроля метана при проведении подготовительных выработок. Кемерово, 1994. 14 с.
5. Методические рекомендации о порядке проведении аэрогазового контроля в угольных шахтах (РД-15-06-2006). «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2007. Серия 05. Выпуск 13.
6. Шинкевич М.В., Козырева Е.Н. Взаимосвязи основных особенностей процессов разгрузки и сдвижения вмещающих пород с динамикой выделения метана из разрабатываемого пласта при его отработке длинными выемочными столбами // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6. С. 17–19.

7. Козырева Е.Н. Комплексный прогноз динамики метанообильности высокопроизводительных выемочных участков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. № 6.1 (43). С. 95–97.

8. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Смыслов А.И. и др. Физическое моделирование изменения фильтрационных свойств угольных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. №6 (106). С. 13–16.

9. Родин Р.И. Эффективность дегазации шахт Кузбасса // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011. № 2–2. С. 116–119.

10. Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Дурнин К.М. Разупрочнение угольного пласта. в качестве метода интенсификации выделения метана // Уголь. 2010. № 4. С. 40–42.

11. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Шинкевич М.В. и др. Основы эффективной разработки углеметановых месторождений Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2011. № 3. С. 8–11.

12. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов. М., 2000. 519 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.34.89.004

UDC 622.831.322

© M.S. Plaksin, 2021

M.S. PLAKSIN

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: plaksin@bk.ru

INVESTIGATION OF GAS RELEASE PROCESS DUE TO TECHNOLOGICAL IMPACT ON COAL SEAM DURING PREPARATORY WORKINGS

The article discusses the prospects of using these aero-gas monitoring systems to assess the gas-kinetic properties of the coal seam during preparatory workings.

Using the example of analysis of methane abundance of one mine, the gas-kinetic characteristic of the coal bed was evaluated along the mining route.

Keywords: GAS CONTENT, METHANE ABUNDANCE, COAL BED, PREPARATORY WORKS, GAS KINETIC HAZARD.

REFERENCES

1. Chernov O.I. Prediction of hazardous areas of seams in coal mines by sudden outbursts / In the book: Safety issues of coal mines. Proceedings of VostNII. M., 1959. Vol. 1. P. 88–106. [In Russ.].

2. Kheifets A.G., Khodzhaev R.R., Antonov A.V. et al. Development of an automated method for predicting outburst hazardous zones and monitoring the effectiveness of methods for preventing emissions in the preparatory workings of the mines of the Karaganda basin // Sudden outbursts of coal and gas, mine aerology. M., 1992. P. 96–100. [In Russ.].

3. Rudakov V.A., Kryuchkov V.I., Slavolyubov V.V. et al. Method of automated forecasting of outburst hazardous zones of coal seams in steeply-falling preparatory workings // Safety of life of enterprises in coal regions. Kemerovo, 1998. P. 53–54. [In Russ.].

4. Methodology for predicting gas-dynamic phenomena using methane monitoring equipment during development workings. Kemerovo, 1994. 14 p. [In Russ.].

5. Methodical recommendations on the procedure for conducting air and gas control in coal mines (RD-15-06-2006). «Scientific and Technical Center for Safety in Industry of the Gosgortekhnadzor of Russia», 2007. Series 05. Issue 13. [In Russ.].

6. Shinkevich M.V., Kozyreva E.N. Interrelation of the main features of the processes of unloading and displacement of host rocks with the dynamics of methane release from the developed formation during its development with long mining pillars // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2006. No. 6. P. 17–19. [In Russ.].

7. Kozyreva E.N. Comprehensive forecast of the dynamics of methane abundance in high-performance mining areas // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2004. No. 6.1 (43). P. 95–97. [In Russ.].

8. Tailakov O.V., Utkaev E.A., Smyslov A.I. et al. Physical modeling of changes in filtration properties of coal seams // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2014. No. 6 (106). P. 13–16. [In Russ.].

9. Rodin R.I. Efficiency of degassing of mines of Kuzbass // Bulletin of the scientific center for the safety of work in the coal industry [Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti]. 2011. No. 2–2. P. 116–119. [In Russ.].

10. Klishin V.I., Kokulin D.I., Kubanychbek B., Durnin K.M. Softening of a coal seam. as a method for intensifying the release of methane // Coal [Ugol]. 2010. No. 4. P. 40–42. [In Russ.].

11. Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N., Shinkevich M.V. et al. Fundamentals of effective development of coal-methane deposits in Kuzbass // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2011. No. 3. P. 8–11. [In Russ.].

12. Malyshev Yu.N., Trubetskoy K.N., Ayruni A.T. Fundamental-applied methods for solving the problem of coal seams. M., 2000. 519 p. [In Russ.].