

УДК 622.831.2

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ
УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ НА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ**

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS TO IMPROVE MANAGERIAL
EFFICIENCY GAS EMISSION IN THE PANEL**

Козырева Елена Николаевна¹,
 канд.техн. наук, зав. лабораторией, e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru
Kozyreva Elena N.¹, Ph.D., head of the laboratory
Шинкевич Максим Валериевич^{1;2},
 канд.техн. наук, доцент, ст. научн. сотр., e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru
Shinkevich Maksim V^{1;2}, Ph.D., Associate Professor, senior research associate

¹Институт угля Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИУ ФИЦ УУХ СО РАН); Россия, 650065, г. Кемерово, проспект Ленинградский, 10

¹Institute of Coal of The Federal Research Centre of Coal and Chemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Science; Russia, 650065, Kemerovo, Leningradskij, 10,

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация. Решение задач по увеличению объемов добычи угля всегда сопряжено с возрастающей ролью газового фактора, который негативно влияет на производительность и на безопасность горных работ, требует постоянного совершенствования мероприятий по комплексному управлению газовыделением на выемочном участке. Целью проводимых исследований является разработка рекомендаций по повышению безопасности и эффективности способов управления газовыделением на выемочных участках. Рекомендации учитывают индивидуальные горно-технологические особенности выемочных столов. Научно-методической основой для рекомендаций служат методы, разработанные в Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН, они отличаются от методов, изложенных в нормативных документах. Применяются: метод пространственного распределения и реализации газовых потенциалов, моделирование нелинейной геомеханической структуризации массива с учетом реализации его упругой энергии при движении очистных забоев, метод расчета и прогноза метанообильности высокопроизводительных выемочных участков. Совокупность указанных методов позволяет повысить эффективность инженерных решений, обоснованно корректировать узловые технологические параметры комплексной системы управления газовыделением, включающей проветривание очистного забоя, отвод газа через выработанное пространство, дегазацию.

Abstract. Solution of problems to increase coal production is always associated with the increasing role of gas factor. It adversely affects the safety of mining operations. It requires continuous improvement activities for the integrated management of gas emission in the panel. The main aim of the study: development of recommendations to improve the safety and efficiency of methods to control of gas emission in the panel. The recommendations take into account their individual mining and technological features. The methods used in the study: method of the spatial distribution of emissions and gas potential, modeling of nonlinear geomechanical structuring in a rock mass, it takes into account realization of its energy when face working, method of calculation and forecast of methane-abundance's dynamics at the high-productive block. Methods developed in the Institute of Coal of the Siberian. The results: improving the efficiency of engineering solving, reasonable adjustment of the technological parameters integrated gas emission control. The control system includes: face ventilation, gas discharge through the mined-out space, degassing.

Ключевые слова: пласт угля, выемочный участок, очистной забой, сдвижения, динамика метанообильности, прогноз, управление, рекомендации

Key words: seam, panel, face working, displacement, methane-abundance's dynamics, forecast, management, recommendations

Приводимые в статье результаты исследова- ний получены по итогам работ, выполненных

научными сотрудниками Института угля СО РАН (сегодня это ИУ ФИЦ УУХ СО РАН) совместно со специалистами ООО «Шахта «Чертинская Коксовая». Цель проведенных исследований – разработка «Рекомендаций по управлению газоизделием для повышения эффективности и безопасности добычи угля». Рекомендации выполнялись на основе выявленных эмпирических зависимостей, определяющих газовый режим выемочных участков и обеспечивающих уточнение проектных показателей в части заблаговременного выявления узких (опасных по газовому фактору) мест традиционных технологических решений по повышению производительности очистных забоев.

Современные высокопроизводительные технологии добычи угля характеризуются значительным увеличением геометрических размеров выемочных участков (длин лав и выемочных столбов), возрастающей глубиной ведения горных работ, наблюдается количественный рост природной газоносности пластов, повышенное давление содержащегося в угле газа. Учитывая сложившиеся особенности условий ведения горных работ, приходится констатировать, что прогноз газовой обстановки на выемочных участках по действующим в настоящее время в угледобывающей отрасли нормативно-методическим документам [1-3], вызывает спортивные нарекания в надежности расчетных параметров. Научные изыскания по рассматриваемому кругу задач ведутся как в нашей стране [4-13], так и за рубежом [14-17].

Наиболее общим недостатком подобных исследований является их ориентация на среднестатистические значения свойств и состояний массива горных пород. Однако в современных услови-

ях, обеспечение ритмичной по газовому фактору работы высокопроизводительных забоев возможно только при условии выявления взаимосвязи двух основных характеристик: особенностей распределения и реализации газового потенциала массива горных пород и непостоянства технологических параметров выемочного участка на интервалах его подвигания.

Принятый в исследованиях комплексный прогноз динамики метанообильности выемочных участков с применением известного приема «гравианалог» обеспечен наличием на шахте электронной системы мониторинга рудничной атмосферы, накапливающей информацию по каждому датчику содержания метана, данных о количестве подаваемого для проветривания воздуха и суточном подвигании очистного забоя за весь период отработки выемочного столба. Кроме этого, исходным материалом являлись разработанные специалистами шахты «Проекты комбинированного проветривания выемочных участков», а также электронные базы данных о количественной информации по геологоразведочным скважинам на Чертинском месторождении.

Исследования, результаты которых представлены в статье, выполнялись поэтапно. Целью первого этапа являлось получение количественной и качественной информации о газокинетических характеристиках горного отвода шахты в целом и в пределах каждого выемочного участка, планируемого к отработке. На втором этапе устанавливались особенности геомеханических процессов на отрабатываемых участках с учетом структуризации вмещающего массива при движении очистного забоя, и выполнялся прогноз динамики метанообильности этих участков. Третий этап заключал-

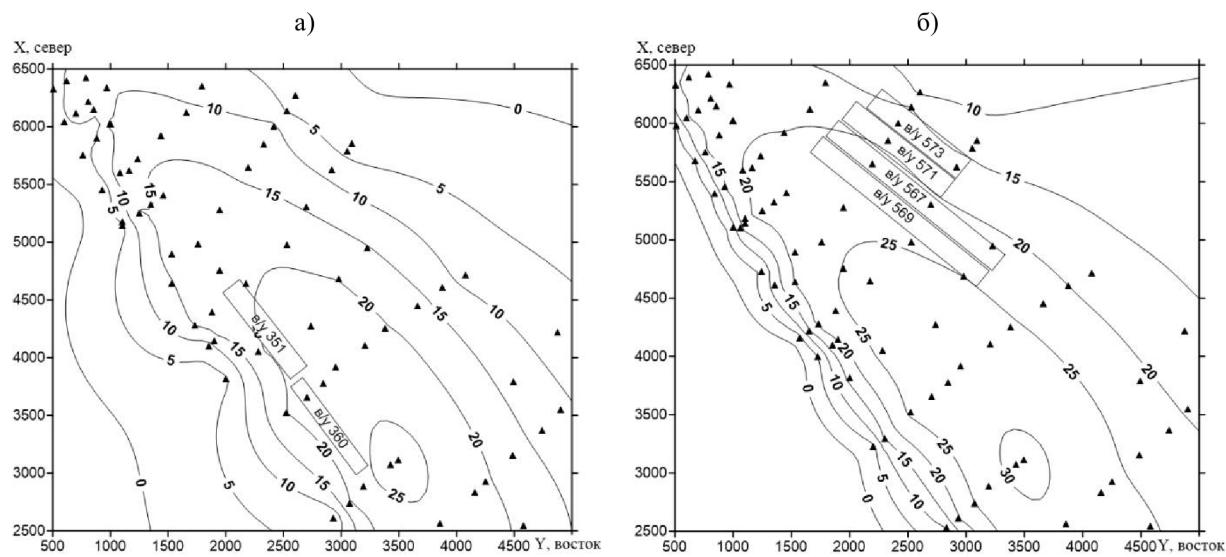


Рис. 1. Фрагменты карт газоносности (m^3/t с.б.м.) рабочих пластов на Чертинском месторождении: а) пласт 3; б) пласт 5

Fig. 1. Fragments of the maps showing the gas content (m^3/t d.a.f.) in the workable seams on Chertinskoye deposit: a) seam 3; b) seam 5

ся в обосновании технологических параметров и разработке «Рекомендаций ...».

В качестве объектов исследований на ООО «Шахта «Чертинская-Коксовая» принятые выемочные участки на отрабатываемых пластах 3 и 5. Пласти сложного строения, выдержанной мощности (средняя мощность пласта 3 составляет 2,8 м, пласта 5 – 2,15 м), падение пластов и вмещающих пород в районе указанных участков – пологое. Кровлей и почвой пластов является алевролит.

На рис. 1 приведены фрагменты карт расчетной природной газоносности пластов 3 и 5 с нанесением контуров рассматриваемых выемочных участков (в/у), треугольниками отмечены геологоразведочные скважины. Кроме природной газоносности пластов выполнялось картирование глубин залегания пластов, их зольности и влажности, мощности пластов и междунастий, выхода летучих веществ. Результаты картирования показали значительную изменчивость этих данных, как по всей площади горного блока, так и в пределах выемочных участков. Погрешность интерполяции данных для рассматриваемого участка горного отвода от их точечных значений (по геологоразведочным скважинам) составила около 14 %.

Шахта «Чертинская-Коксовая» относится к категории выбросоопасных. Величина критической газоносности пластов регламентирована ВостНИИ в 18 м³/т (пласт 3) и 23 м³/т (пласт 5). К настоящему времени в Институте угля разработан метод количественного определения показателя газодинамической активности пластов, обеспечивающий единство подхода к анализу возможных следствий динамики реализации энергии содержащегося в угле газа (от метанообильности до внезапных выбросов). Эта основа гарантирует и соответствующий уровень, например, базового критерия безопасности – допускаемой текущей газоносности, не превышение которой, позволит избежать различных газодинамических явлений. Расчетные значения допускаемой газоносности для рабочих пластов Чертинского месторождения составляют: 3 пласт – 15,2 м³/т; 5 пласт – 21,4 м³/т. Структура и величина полученного показателя позволяют выполнять зонирование углеметановых пластов по уровню их газодинамической активности, а установление значений показателя, при которых газодинамическая активность достигает уровня выбросоопасности, обеспечивает и выделение зон с различными видами опасности и позволяет выделить границу перехода от газовой к газодинамической опасности. Это служит основанием для количественной оценки, например, требуемой эффективности дегазации для предотвращения опасного уровня реализации энергии газа. Следует подчеркнуть, что получаемые этим методом коэффициенты дегазации, приводимые в «Рекомендациях...», ориентированы только на предотвращение саморазрушения пласта, за счет энергии содержащегося в нем газа. Необходимо

мость применения более глубокой дегазации пластов для снижения метанообильности горных работ должна определяться соответствующими методами рудничной аэрогазодинамики.

Высокая газоносность угольных пластов на рассматриваемом участке месторождения, его опасность по внезапным выбросам угля и газа и введение ограничения допускаемой концентрации метана в выработанном пространстве до 3,5 % при комбинированной схеме проветривания обусловили уточнение проектных показателей на основе комплексной системы управления газовыделением, включающей:

- проветривание выемочного участка за счет общешахтной депрессии;
- создание дополнительной депрессии от забоя к выработанному пространству с помощью всасывающей вентиляционной установки, соединенной с выработанным пространством через систему выработок;
- дегазацию разрабатываемого пласта и выработанного пространства.

Основанием для расчета параметров комплексной системы управления газовыделением, принципиально отличающимся от расчета метаноудаления по нормативным документам, послужили результаты исследований Института угля СО РАН, начиная с 2000-х гг. и по настоящее время, которыми установлено [18-25]:

- рост скорости подвигания очистного забоя обуславливает увеличение колебаний динамической составляющей метанообильности выемочного участка, выходящей за пределы возможных усреднений при установлении параметров системы управления газовыделением;
- величина колебаний связана не только с газоносностью и угленосностью отрабатываемого горного блока или шагами обрушения основной кровли, а, прежде всего, с процессами сдвижения подрабатываемого массива пород;
- установлена закономерность изменения газокинетических свойств углеметанового пласта при его механическом разрушении, позволившая разделить единый источник газа – пласт на два: газовыделение через поверхность забоя и из отбиваемого и транспортируемого угля, конкретизируя при этом зону работы комбайна, очистной забой и конвейерный штрек;
- увеличение длины очистного забоя приводит к повышению газопритока на выемочный участок из-за соответствующего увеличения зон разгрузки;
- значительная длина выемочного столба обуславливает периодичность сдвижений горных пород и, как следствие, скачкообразные повышения аэродинамического сопротивления выработанного пространства, ограничивающие эффективность связи призабойного объема и всасывающего вентилятора.

Это послужило основанием для дополнитель-

ных исследований особенностей формирования и развития зон разгрузки массива горных пород и изменений горного давления при выемке пласта угля. В Институте угля было установлено, что динамика метанообильности выемочного участка по длине столба связана с процессами сдвижения и структуризации массива горных пород. Газокинетические следствия сдвижений носят волнобразный характер с шагом, согласующимся с углами полных сдвижений. В тоже время, амплитуды и периоды ближайших к разрабатываемому пласту полуволн вполне удовлетворительно соответствуют общепринятым методам расчета шагов обрушения кровли. Доказано, что максимумы газопритоков на выемочный участок соответствуют максимумам высот зон сдвижений. Уточнение и конкретизация этих аэрогазодинамических процессов на выемочных участках шахты позволило оптимизировать схемы и параметры способов управления газовыделением, ориентируя их на снижение газопритоков в зону аэrogазового обмена «забой – выработанное пространство».

Для расчета метановыделения из пластов-спутников в выработанное пространство и из отрабатываемого пласта в очистной забой использовалась разрабатываемая параметрическая модель геомеханической структуризации вмещающего массива при ведении подземных горных работ, позволяющая определять величину переменного горного давления и положения гипотезы о существовании твердого углегазового раствора [26].

Расчет метановыделения из отрабатываемого пласта при фактической добыче выполняется по источникам: переток метана из пласта через породы кровли в выработанное пространство, метановыделение через поверхность забоя, отбитый и транспортируемый уголь. По фактическим данным концентрации метана в исходящей струе воздуха из очистного забоя осуществлялась проверка адекватности разработанного алгоритма прогноза метановыделения из отбитого и транспортируемого угля. Превышение фактических данными над прогнозными значениями на некоторых интервалах подвигания забоя связано с неэффективностью работы газоотсасывающей установки при комбинированной схеме проветривания. Установленные существенные расхождения в динамике метанообильности забоя в процессе его работы способны привести к перекосу газовой нагрузки на отдельные элементы системы. Это обязывало выполнять проверку соответствия проектных показателей конечной задаче – нормализации газовой обстановки при отработке всего выемочного столба. Проверка заключалась в расчете концентраций метана в контрольных точках лавы на различных интервалах подвигания очистного забоя с учетом фактически подаваемого количества воздуха при различных схемах проветривания. По результатам такой проверки строились гибкие графики допускаемой по газовому фактору произ-

водительности забоя, обеспечивающие нормативные значения концентраций метана. Выявленные при этом существенные изменения допускаемой среднесуточной производительности забоя на интервалах его подвигания требовали перерасчета и приведение в соответствие (по фактору метановыделения из угольного пласта) допускаемой рабочей скорости комбайна, представляемой в «Рекомендациях...» также в виде графиков.

Разработанный в ИУ СО РАН метод прогноза метанообильности выработанного пространства учитывает конкретные горно-геологические условия горного блока и горно-технологические условия отработки выемочного участка. Во-первых, учитывает пространственное распределение и реализацию газовых потенциалов подрабатываемого и надрабатываемого массивов в зависимости от мощности между пластов-спутников и их удаленности. Во-вторых, учитывает нелинейность (волнообразность) геомеханических процессов, таких как образование сводов сдвижений, происходящих во вмещающем массиве при технологическом воздействии на него. Динамика притока метана на выемочный участок из пластов-спутников зависит от их положения в соответствующем геомеханическом слое вмещающего массива. Зоны дезинтеграции слоев указывают на места повышения их нарушенности в результате реализации упругой энергии массива и соответствуют наиболее вероятным местам разрушения консольно-защемленных плит, мощность которых согласуется с мощностью определенного слоя. Поскольку в этих зонах расположены газоносные пласти, то после перехода фронта снижения напряжений через пласт-спутник в нем начинается выделение метана из структуры угля, формируя избыточный объем свободного газа в пласте и инициируя его сток в выработанное пространство. В «Рекомендациях...» указывается, что бурить скважины необходимо именно в эти части дегазируемого пласта-спутника – в установленные максимумы зон сводов сдвижений. Применение этого метода позволяет видеть на соответствующих графиках формирование динамики метанообильности выработанного пространства, рассчитывать интервалы и амплитуду максимумов выделения газа, выполнять оценку газокинетической реакции пластов на снижение напряжений и определять параметры скважин дегазации выработанного пространства. Параметры и количество скважин, буримых в каждую зону разгрузки, определяются следующими условиями. Наличием на границах выемочного участка целиков угля по отрабатываемому пласту или отработанного пространства сближенной лавы, наличием зон повышенного горного давления от целиков подрабатываемого пласта, в зависимости от расстояния до дегазируемого пласта, длины очистного забоя и наличием дополнительных выработок на выемочном участке, а также исходя из технической возможности

имеющегося бурового оборудования и экономической целесообразности бурения дополнительных скважин.

В «Рекомендациях...» приводятся оптимально подобранные для каждого выемочного участка схемы дегазации, при условии, что по фактору метанообильности выработанного пространства при заданной проектной производительности очистного забоя оказывается недостаточно ресурсов комбинированной схемы проветривания. При этом гибкое планирование работы забоя, с учетом реальных условий угледобычи, обеспечит его ритмичную работу и позволит избежать простоев при попытках неоправданной интенсификации горных работ.

С помощью изложенного подхода по разработке «Рекомендаций по управлению газовыделением для повышения эффективности и безопасности добычи угля», выполняемых для выемочных участков шахт Кузбасса, отрабатывающих пологие пласти с полным обрушением кровли, возможно:

- осуществлять прогноз динамики метанообильности выемочных участков, при современных горно-технологических параметрах;

- обеспечивать повышение эффективности управления метанообильностью участка;
- уточнять следствия техногенных изменений горного давления на изменение структуры газоносности пласта и, как следствие, на динамику метановыделения из него;
- корректировать геометрические параметры выемочных столбов для исключения негативного воздействия повышенного горного давления на очистной забой;
- увеличивать темпы горных работ за счет планирования режимов подвигания забоев и интенсивности отбойки угля комбайном на различных интервалах отработки выемочного столба с учётом газового фактора.

Полученная совокупность результатов обеспечивает расчет основных параметров аэрогазодинамических процессов на выемочном участке, отладку и прогнозирование динамики в условиях существенной изменчивости свойств и состояний пластов и вмещающих пород при динамичных режимах подвигания высокопроизводительных забоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок // Утверждена приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 1 декабря 2011 года N 680. – 126 с.
2. Инструкция по дегазации угольных шахт // Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 679 от 1.12.2011 г. – М., 2011. – 147 с.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с.
4. Портола, В.А. Перспектива добычи угля в метановой атмосфере // Ресурсно-экологические проблемы в XXI веке: инновационное недропользование, энергетика, экологическая безопасность и нанотехнологии: Материалы Междун. Конф. Москва-Алушта, 27 сентября – 04 октября 2009г. – М.: РУДН, 2009. – С. 135–138.
5. Портола, В.А. О возможности отработки высокогазоносных угольных пластов во взрывобезопасной газовой среде // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 12. – С. 53–57.
6. Портола, В.А. Эндогенная пожароопасность шахт в условиях управления газовыделением средствами вентиляции // Безопасность труда в промышленности. – 2006. – № 9. – С. 32–35.
7. Тайлаков, О.В. Способ оценки ресурсов метана угольных пластов / О.В. Тайлаков, В.О. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.Н. Кормин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № S4–12. – С. 3–10.
8. Тайлаков, О.В. Определение газоносности угольных пластов на основе исследования процессов фильтрации и диффузии метана / О.В. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.Н. Кормин, Е.А. Уткаев // Уголь. – 2015. – № 1. – С.74–77.
9. Тайлаков, О.В. Особенности оценки ресурсов метана угольных пластов на примере Кузбасса / О.В. Тайлаков, В.О. Тайлаков, Д.Н. Застрелов, А.Н. Кормин // Наука и техника в газовой промышленности. – 2015. – № 2 (62). – С. 18–21.
10. Лебедев, А.В. Эффективные способы проветривания шахт и выемочных участков. / А.В. Лебедев, В.И. Мурашев, В.И. Клишин, Д.В. Ботченко // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2012. – № 1. – С. 104–111.
11. Клишин, В.И. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко. – Новосибирск: ИГД СО РАН им. Н.А. Чинакала, 2011. – 523 с.
12. Качурин, Н.М. Прогноз метановой опасности угольных шахт при интенсивной отработке угольных пластов. / Н.М. Качурин, В.И. Клишин, А.М. Борщевич, А.Н. Качурин. – Тула, ТулГУ, 2013. – 219 с.

13. Клишин, В.И. Создание оборудования для дегазации угольных пластов на принципе гидроразрыва горных пород / В.И.Клишин, М.В. Курленя // Уголь. – 2011. – № 10. – С. 34–39.
14. Руководство по наилучшей практике эффективной дегазации источников метановыделения и утилизации метана на угольных шахтах / Серия публикаций ЕЭК по энергетике (№ 31). – Нью-Йорк и Женева: Издание Организации Объединенных Наций (Европейская Экономическая Комиссия. Партнерство «Метан – на рынке»). – 2010. – № R.10.II.R.2.
15. Якоби,О. Практика управлении горным давлением. Пер.с нем.–М: Недра, 1987. – 566 с.
16. Ройтер, М. Волнообразное распределение горного давления вдоль забоя лавы / М. Ройтер, М. Ройтер, В. Курфюст, К. Майрховер, Ю. Векслер // ФТПРПИ. – 2009. – № 2. – С. 38–44.
17. Ройтер, М. Мониторинг динамических проявлений горного давления в системе управления марко «Цифровая шахта» / М. Ройтер, М. Крах, К. Майрхофер, У. Кислинг, Ю. Векслер // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сиб. гос индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2015. – С. 33–39.
18. Козырева, Е.Н. Некоторые особенности управления метанообильностью высокопроизводительного выемочного участка / Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич, Н.Ю. Назаров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 9. – С. 322–325.
19. Полевщикова, Г.Я. Повышение эффективности комплексного управления газовыделением на выемочном участке шахты / Г.Я. Полевщикова, Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2012. – № 2. – С. 20–26.
20. Полевщикова, Г.Я. Нелинейные изменения метанообильности высокопроизводительного выемочного участка / Г.Я. Полевщикова, Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 6. – С. 50–54.
21. Плаксин, М.С. Оценка газодинамической активности углеметановых пластов при ведении горных работ и планирование объемов извлечения попутного метана / М.С. Плаксин, А.А. Рябцев, В.А. Сухоруков // Вестник Научного центра по безопасности работ у угольной промышленности. – 2010. – № 1–2010. – С. 43–49.
22. Козырева, Е.Н. Особенности газогеомеханических процессов на выемочном участке шахты / Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2010. – № 2. – С. 28–35.
23. Козырева Е.Н. Динамика метанообильности выемочных участков угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – Отд. вып. № 6. – С. 238–244.
24. Шинкевич, М.В. Газовыделение из отрабатываемого пласта с учётом геомеханических процессов во вмещающем массиве // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – Отд. вып. № 6. – С. 278–285.
25. Плаксин, М.С. Гидроразрыв угольного пласта в шахтных условиях как панацея решения газовых проблем шахт (основы разработки и внедрения) / М.С. Плаксин, Р.И. Родин, А.А. Рябцев, В.И. Альков, Е.В. Леонтьева, Е.С. Непеина // Уголь. – 2015. – № 2. – С. 48–50.
26. Диплом на открытие №9. Свойство органического вещества образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов /Алексеев А.Д., Айруни А.Т., Васючков Ю.Ф., Зверев И.В., Синолицкий В.В., Долгова М.О., Эттингер И. Л. – Акад. ест. наук. Ассоц. авт. науч. открытия от 10.11. 1994, рег. №16, Москва.

REFERENCES

1. Instruktsiya po primeneniyu skhem provetrivaniya vyemochnykh uchastkov shakht s izolirovannym otvodom metana iz vyrabotannogo prostranstva s pomoshch'yu gazootsasyvayu-shchikh ustanovok // Utverzhdena prikazom Federal'noy sluzhby po ekologicheskому, tekhnologicheskому i atomnomu nadzoru ot 1 dekabrya 2011 goda N 680. – 126 s.
2. Instruktsiya po degazatsii ugol'nykh shakht // Prikaz Federal'noy sluzhby po ekologi-cheskomu, tekhnologicheskому i atomnomu nadzoru № 679 ot 1.12.2011 g. – M., 2011. – 147 s.
3. Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob"ektorov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugol'nykh mestorozhdeniyakh. – SPb., 1998. – 291 s.
4. Portola, V.A. Perspektiva dobychi uglya v metanovoy atmosfere // Resursno-ekologicheskie problemy v XXI veke: innovatsionnoe nedropol'zovanie, energetika, ekologicheskaya bezopasnost' i nanotekhnologii: Materialy Mezhdun. Konf. Moskva-Alushta, 27 sentyabrya – 04 oktyabrya 2009g. – M.: RUDN, 2009. – S. 135–138.
5. Portola, V.A. O vozmozhnosti otrabotki vysokogazonosnykh ugol'nykh plastov vo vzryvobezopasnoy gazovoy srede // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2007. – № 12. – S. 53–57.
6. Portola, V.A. Endogenaya pozharoopasnost' shakht v usloviyakh upravleniya gazovydele-niem sredstvami ventilyatsii // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2006. – № 9. – S. 32–35.

7. Taylakov, O.V. Sposob otsenki resursov metana ugol'nykh plastov / O.V. Taylakov, V.O. Taylakov, D.N. Zastrelov, A.N. Kormin // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskiy zhurnal). – 2014. – № S4–12. – S. 3–10.
8. Taylakov, O.V. Opredelenie gazonosnosti ugol'nykh plastov na osnove issledovaniya protsessov fil'tratsii i diffuzii metana / O.V. Taylakov, D.N. Zastrelov, A.N. Kor-min, E.A. Utkaev // Ugol'. – 2015. – № 1. – S.74–77.
9. Taylakov, O.V. Osobennosti otsenki resursov metana ugol'nykh plastov na primere Kuzbassa / O.V. Taylakov, V.O. Taylakov, D.N. Zastrelov, A.N. Kormin // Nauka i tekhnika v gazovoy promyshlennosti. – 2015. – № 2 (62). – S. 18–21.
10. Lebedev, A.V. Effektivnye sposoby provetrvaniya shakht i vyemochnykh uchastkov. / A.V. Lebedev, V.I. Murashev, V.I. Klishin, D.V. Botvenko // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2012. – № 1. – S. 104–111.
11. Klishin, V.I. Problemy bezopasnosti i novye tekhnologii podzemnoy razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy / V.I. Klishin, L.V. Zvorygin, A.V. Lebedev, A.V. Savchenko. – Novosibirsk: IGD SO RAN im. N.A. Chinakala, 2011. – 523 s.
12. Kachurin, N.M. Prognoz metanovoy opasnosti ugol'nykh shakht pri intensivnoy otra-botke ugol'nykh plastov. / N.M. Kachurin, V.I. Klishin, A.M. Borshchevich, A.N. Kachurin. – Tula, TulGU, 2013. – 219 s.
13. Klishin, V.I. Sozdanie oborudovaniya dlya degazatsii ugol'nykh plastov na printsipe gidrorazryva gornykh porod / V.I.Klishin, M.V. Kurlenya // Ugol'. – 2011. – № 10. – S. 34–39.
14. Rukovodstvo po nailuchshey praktike effektivnoy degazatsii istochnikov metanovyde-leniya i utilizatsii metana na ugol'nykh shakhtakh / Seriya publikatsiy EEK po energeti-ke (№ 31). – N'yu-York i Zheneva: Izdanie Organizatsii Ob"edinennykh Natsiy (Evro-peyskaya Ekonomicheskaya Komissiya. Partnerstvo «Metan – na rynki»). – 2010. – № R.10.II.R.2.
15. Yakobi, O. Praktika upravlenii gornym davleniem. Per.s nem. – M.: Nedra, 1987. – 566 s.
16. Royter, M. Volnoobraznoe raspredelenie gornogo давления vdol' zaboya lavy / M. Royter, M. Royter, V. Kurfyust, K. Mayrkhover, Yu. Veksler // FTPRPI. – 2009. – № 2. –S. 38–44.
17. Royter, M. Monitoring dinamicheskikh proyavleniy gornogo давления v sisteme upravleniya marko «Tsifrovaya shakhta» / M. Royter, M. Krakh, K. Mayrkhofe, U. Kisling, Yu. Veksler // Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov: sb. nauch. statey / Sib. gos industr. un-t; pod obshchey red. V.N. Fryanova. – Novokuznetsk, 2015. – S. 33–39.
18. Kozyreva, E.N. Nekotorye osobennosti upravleniya metanoobil'nost'yu vysokoproiz-voditel'nogo vyemochnogo uchastka / E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich, N.Yu. Nazarov // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskiy zhurnal). – 2011. – № 9. – S. 322–325.
19. Polevshchikov, G.Ya. Povyshenie effektivnosti kompleksnogo upravleniya gazovyde-le-niem na vyemochnom uchastke shakhty / G.Ya. Polevshchikov, E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2012. – № 2. – S. 20–26.
20. Polevshchikov, G.Ya. Nelineynye izmeneniya metanoobil'nosti vysokoproizvoditel'no-go vyemochnogo uchastka / G.Ya. Polevshchikov, E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2014. – № 6. – S. 50–54.
21. Plaksin, M.S. Otsenka gazodinamicheskoy aktivnosti uglemetanovykh plastov pri vedenii gornykh rabot i planirovaniye ob'emov izvlecheniya poputnogo metana / M.S. Plaksin, A.A. Ryabtsev, V.A. Sukhorukov // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot u ugol'noy promyshlennosti. – 2010. – № 1-2010. – S. 43–49.
22. Kozyreva, E.N. Osobennosti gazogeomekhanicheskikh protsessov na vyemochnom uchastke shakhty / E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2010. – № 2. – S. 28–35.
23. Kozyreva E.N. Dinamika metanoobil'nosti vyemochnykh uchastkov ugol'nykh shakht // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskiy zhurnal). – 2013. – Otd. vyp. № 6. – S. 238–244.
24. Shinkevich, M.V. Gazovydelenie iz otrabatyvaemogo plasta s uchetom geomeomekhaniche-skikh protsessov vo vmeshchayushchem massive // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskiy zhurnal). – 2013. – Otd. vyp. № 6. – S. 278–285.
25. Plaksin, M.S. Gidrorazryv ugol'nogo plasta v shakhtnykh usloviyakh kak panatseya reshe-niya gazovykh problem shakht (osnovy razrabotki i vnedreniya) / M.S. Plaksin, R.I. Ro-din, A.A. Ryabtsev, V.I. Al'kov, E.V. Leont'eva, E.S. Nepeina // Ugol'. – 2015. – № 2. – S. 48–50.
26. Diplom na otkrytie №9. Svoystvo organicheskogo veschchestva obrazovyyat' s gazami metastabil'nye odnofaznye sistemy po tipu tverdykh rastvorov /Alekseev A.D., Ay-run A.T., Vasyuchkov Yu.F., Zverev I.V., Sinolitskiy V.V., Dolgova M.O., Ettinger I. L. – Akad. est. nauk. Assots. avt. nauch. otkr. ot 10.11. 1994, reg. №16, Moskva.