

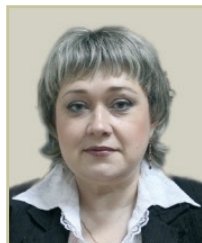
DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.83.65.006

УДК 622.831

© Е.Н. Козырева, 2020

Е.Н. КОЗЫРЕВА

канд. техн. наук,
заведующая лабораторией Институт угля
ФИЦ УУХ СО РАН,
г. Кемерово
e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru



ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ ПРИ ВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Разработаны методы прогноза метанообильности подготовительных выработок и выемочных участков в условиях изменчивости свойств угольных пластов и состояний массива горных пород при техногенном воздействии и с учётом горно-технологических условий проведения выработок. Представлены методы повышения эффективности управления газовыделением при ведении подземных горных работ с целью обеспечения безопасных (по газовому фактору) режимов работы забоев.

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ ВЫРАБОТКА, ВЫЕМОЧНЫЙ УЧАСТОК, МЕТОД, ПРОГНОЗ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ, УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ.

В современных условиях подземной разработки угольных месторождений Кузбасса газовый фактор является одним из главных препятствий на пути увеличения нагрузки на очистной забой, повышения темпов подготовки выемочных полей и обеспечения безопасных условий труда шахтеров. Основная причина этих проблем в том, что переход на высокопроизводительные технологии подземной разработки при постоянном росте глубин и газоносности пластов недостаточно учитывает управление газовой составляющей пластов, которые необходимо рассматривать не только как угольные, но и как углеметановые, динамично выделяющие газ при разгрузке от горного давления.

Многokратное увеличение скорости продвижения забоев резко интенсифицировало динамику газопритоков на выемочные участки, а достигаемая производительность, соизмеримая с общешахтной, сконцентрировала эти притоки на небольших участках вентиляционной сети. В результате, рассчитываемая на статические

режимы, вентиляционная система зачастую оказывается не в состоянии обеспечить нормальную газовую обстановку в очистных и подготовительных забоях. Рост добычи будет сопровождаться повышением метанообильности шахт, простоями забоев в результате загазирования горных выработок и воспламенениями метана всех видов.

Естественно, увеличение случаев аварийности допущено не будет, т. к. система контроля безопасности заблаговременно ограничит производительность. Однако, такие волевые решения приводят к снижению эффективности капиталовложений в развитие горных работ. Ситуация требует незамедлительного принятия мер по своевременному перелому тенденций путем изменения порядка планирования и развития горных работ, их научно-технического и нормативно-методического обеспечения.

В Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН по этому направлению в лаборатории газодина-

мики угольных месторождений (ГДУМ) ведутся научные исследования: от регионального прогноза газодинамической активности пластов по геологоразведочным данным перед началом ведения горных работ до систематического определения технологической газоносности — фактического содержания газа в пласте в зонах ведения горных работ, — а также прогноз и контроль газодинамических явлений по интервалам подвигания очистных и подготовительных забоев и разработки рекомендаций по повышению эффективности управления газовой выделением. Проводимые исследования перспективны и практически значимы — они учитывают как специфику горно-геологических и горно-технологических характеристик месторождения в целом, так и конкретного выемочного участка или подготовительной выработки в условиях изменчивости свойств и состояний массива при высоких темпах ведения горных работ.

Результатами исследований и сотрудничества с научными коллективами РАН и СО РАН, а также с угольными предприятиями Кузбасса

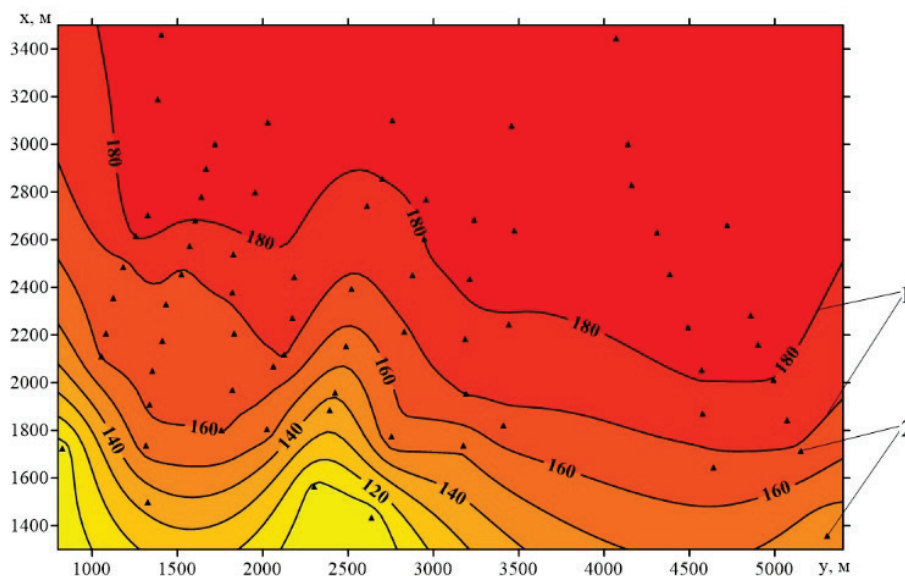
стали разработанные в лаборатории ГДУМ методы с общей направленностью на снижение газовой опасности, сформулированные как Предложения к использованию на шахтах Кузбасса — комплексный метод по совершенствованию управления газовой выделением при ведении горных работ (рис. 1).

Кратко суть разработанных методов заключается в следующем.

Метод зонирования потенциальной газодинамической активности угольных пластов позволяет на основе геологоразведочных данных оценить потенциальную газодинамическую активность угольных пластов как в пределах месторождений, так и участков горного блока и рассчитать по этому фактору необходимое значение коэффициента дегазации (результаты представляются в виде электронных карт, например, как представлено на рис. 2, и рекомендаций), а также устанавливать значение возможной силы внезапного выброса угля и газа от показателя газодинамической активности пласта [1, 2].



Рис. 1. Основные методы ИУ ФИЦ УУХ СО РАН по решению проблем безопасности при угледобыче, обусловленные газокинетическими процессами в массиве горных пород



х — направление на север, м; у — направление на восток, м;
1 — изолиния показателя газодинамической активности пласта, МДж/т; 2 — устье скважины

Рис. 2. Компьютерная карта показателя газодинамической активности пласта, залегающего на глубине 200–700 м

Метод оценки газокинетических и энергетических характеристик угольных пластов позволяет на основе имеющейся приборной базы (комплекса приборов для измерения давления, температуры и расхода газа; устройства для определения газоносности угольного пласта и мониторинга его газодинамической активности) выполнять отбор проб в шахтных условиях и их анализ в лабораторных условиях, а на основе методики расчета газокинетических и энергетических характеристик пласта по отобранным пробам определять технологическую газоносность,

начальную скорость газовыделения, объём выделившегося метана, его энергию и мощность [3]. Разработан метод расчета газоносности угольных пластов [4].

На рис. 3 показан пример отбора проб, выполненный на Чертинском месторождении. Природная газоносность пласта составляла 28 м³/т. Расчет технологической газоносности по отобранным пробам показал, что: для пробы 1 результат составил 27,7 м³/т; для пробы 1 — 22,6 м³/т; пробы 3 — 20,7 м³/т, что указывает на высокую достоверность полученных результатов.

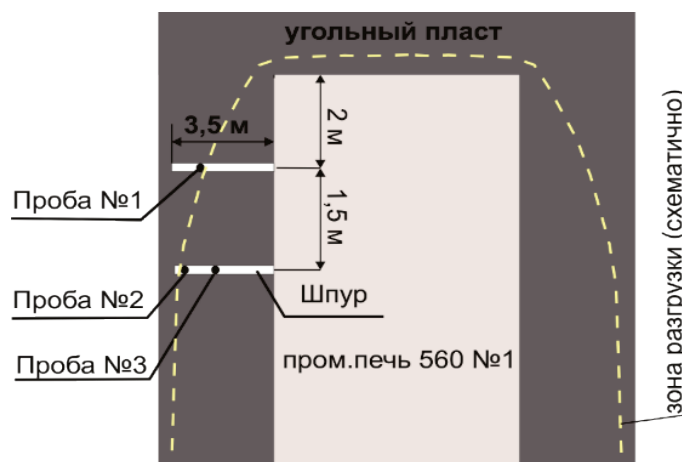


Рис. 3. Схема бурения шпуров для отбора проб

Метод прогноза динамики метанообильности высокопроизводительного выемочного участка. Выполняется оперативная обработка и анализ геолого-маркшейдерской информации и баз данных газового контроля, формирующихся при ведении горных работ, которые соответствуют возможностям действующих на шахтах электронных систем. Предлагаемый метод учитывает нелинейность геомеханических процессов во вмещающем массиве горных пород и последствия техногенных изменений горного давления на изменение структуры газоносности пласта, а значит и на динамику метановыделения, которая обладает явно выраженной волнообразностью, наиболее ярко проявляющейся при высоких скоростях подвигания забоев. Результаты анализа находятся на качественно новом уровне — не только контроль, но и прогноз газовой обстановки как на стадии проектирования, так и ведения горных работ, с достаточной степенью надежности гарантируя ритмичную работу по интервалам подвигания высокопроизводительного очистного забоя [5, 6, 7].

Метод позволяет:

- повысить эффективность управления метанообильностью участка;
- рассчитать и спрогнозировать динамику метановыделения из очистного забоя, отбитого и транспортируемого угля;
- установить допустимую скорость комбайна на интервалах по длине выемочного столба;
- рассчитать и спрогнозировать динамику метановыделения из подрабатываемых и надрабатываемых пластов в выработанное пространство;
- уточнить параметры дегазации выработанного пространства, включая определение количества и мест заложения дегазационных скважин;
- рассчитать требуемое по условиям газовой безопасности количество метана, каптируемого скважинами дегазации выработанного пространства;
- обосновать параметры метанодобывающих скважин;
- оптимизировать длину очистного забоя, длину выемочного столба и места проведения промежуточных печей по фактору горного давления.

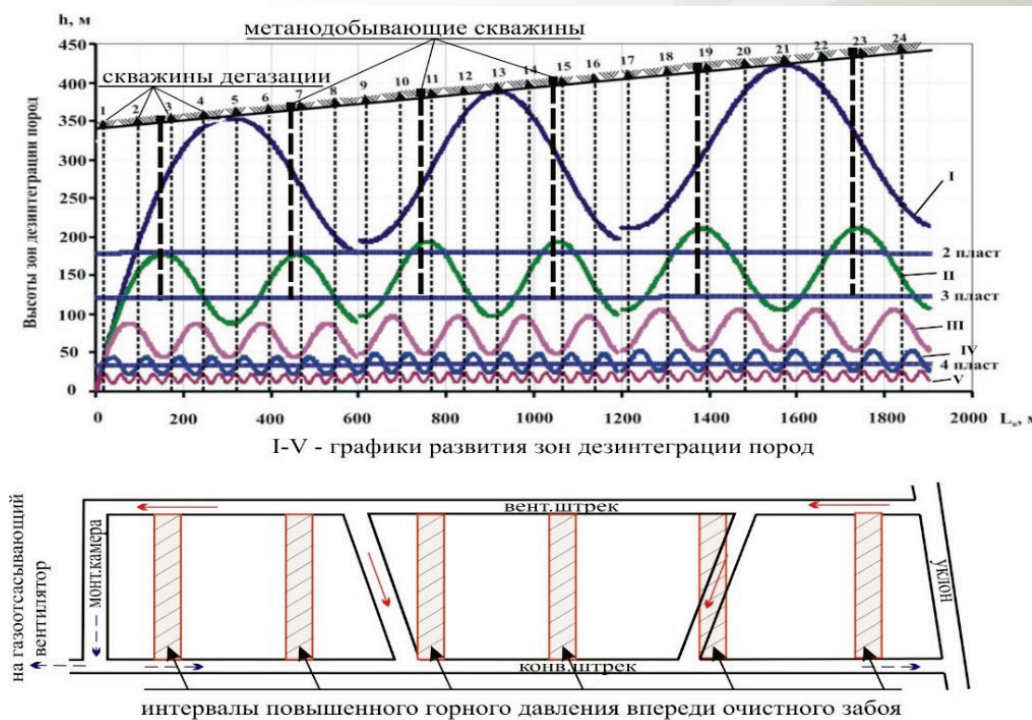


Рис. 4. Пример технологических решений по повышению надежности прогноза метанообильности современного выемочного участка

Метод контроля и прогноза газодинамической активности угольного пласта при проведении подготовительных выработок по данным систем аэрогазового контроля, который, в свою очередь, включает два метода.

Первый — метод оперативного контроля уровня газодинамической активности угольного пласта при проведении подготовительных выработок. Он позволяет ранжировать и контролировать метанообильность выработки по уровню газодинамической опасности. Выполняется оперативная обработка и анализ данных метанообильности подготовительной выработки по данным системы аэро-

газового мониторинга с периодичностью снятия показаний концентрации метана каждые 10–20 секунд. В качестве критерия для оценки газодинамической активности угольного пласта принят показатель геоструктурной иерархии. Пример применения метода показан на рис. 5 [8]. Основные преимущества метода — непрерывность для технологического цикла проводимой выработки; возможность полной автоматизации метода; повышение безопасности и темпов проведения подготовительных выработок и уточнение противо-выбросных мероприятий.



0 ÷ IV — уровни газодинамической опасности

Рис. 5. Метановыделение из подготовительной выработки перед внезапным выбросом с применением шкалы геоструктурной иерархии

Второй — **метод оценки газового потенциала и прогноза газодинамической активности приконтурной части выемочного столба.** Он позволяет использовать подготовительные выработки как способ доразведки оконтуриваемого выемочного столба; уточнять ширину пояса газового дренирования подготовительными выработками. Рассчитывается показатель — доля реализации газового потенциала приконтурной части пласта с учетом информации системы АГЗ, полученной при проведении подготовительных выработок, — и выделяются зоны с негативно изменяющейся структурой и свой-

ством пласта. На этой основе выполняется количественная оценка уровня газодинамической активности пласта и ее прогноз по интервалам подвигания выемочного столба [9].

Метод оперативной оценки эффективности пластовой дегазации по данным мониторинга дебита дегазационных скважин. Выполняется оперативная обработка и анализ данных дебита пластовых дегазационных скважин по данным мониторинга. Данные дебита по каждой дегазационной скважине снимаются с периодичностью в 1–2 недели. На этой основе проводится опе-

ративная оценка продуктивности каждой скважины и расчет фактического коэффициента и эффективности пластовой дегазации на выемочном участке [10].

Метод позволяет оперативно рассчитать продуктивность дегазационных скважин и эффективность пластовой дегазации для конкретного выемочного участка; определять фактический коэффициент пластовой дегазации; определять газокинетические свойства угля (начальное удельное метановыделение в скважину g_0 ($\text{м}^3/\text{м}\cdot\text{сут}$), коэффициент, характеризующий темп снижения во времени газовыделения из пласта в скважины a (сут^{-1})); уточнять необходимый объем буровых работ при текущих значениях эффективности мероприятий по дегазации с уточнением мест бурения скважин пластовой дегазации.

Способ комплексного управления газовыделением на выемочных участках при отработке мощных и сближенных высокогазоносных пологих пластов. Предлагается подготовку выемочных столбов в каждом слое вести по наиболее экономичной 2-х штрековой схеме, при этом в период отработки верхнего слоя управление газовыделением обеспечивается по наиболее эффективной в мировой практике 4-х штрековой схеме и разделением вентиляционных потоков по основным источникам метана, а при отработке глубоко дегазированного нижнего слоя проветривание выполняется по возвратноточной схеме. На предлагаемый способ получен патент на изобретение [11]. Способ позволяет повысить эффективность проветривания за счет общешахтной депрессии высокопроизводительных выемочных участков и спаренных штреков в процессе их проведения и повысить эффективность дегазации нижнего слоя в результате его разгрузки от горного давления очистными работами по верхнему слою.

Находятся в разработке **технологические и технические решения по управлению газопроявлениями в угольных шахтах.** Обоснованы технологические схемы

разработки углеметановых месторождений, обеспечивающие минимизацию проведения подготовительных выработок, повышенную дегазацию вмещающего массива и добычу попутного метана. Разрабатываются технология и технические средства повышения дегазации отрабатываемого пласта на основе его ориентированного поинтервального гидроразрыва [12, 13].

Все представленные методы и разработки ложатся в основу создания единой (в рамках одного предприятия) адаптивной автоматизированной системы прогноза и контроля газопроявлений в угольных шахтах, предназначенной для непрерывного круглосуточного контроля метанообильности, суфляро- и выбросоопасности горных выработок и забоев и работоспособности датчиков контроля метана; для комплексного прогноза всех видов газопроявлений: регионального (обоснование решений при планировании горных работ); локального (оценка допустимости технологических решений на ближайшие сутки, декаду, месяц); текущего (оценка вида и уровня опасности на следующий шаг подвигания забоя); а также для расчета параметров дегазационных систем с учетом локальной изменчивости свойств массива и для расчета объемов и производительности добычи метана.

Методы апробированы при выполнении совместных со специалистами угледобывающих предприятиях Кузбасса горно-экспериментальных и аналитических исследований. По некоторым результатам были разработаны рекомендации по прогнозу метанообильности и решению практических задач текущего контроля газовой опасности, выбора мероприятий по управлению газовыделением с целью обеспечения безопасных (по газовому фактору) режимов работы забоев; для обоснования применения барьерной дегазации при проведении подготовительных выработок и пластовой дегазации на выемочных участках. В ИУ ФИЦ УУХ СО РАН продолжают работы по дополнению и совершенствованию представленных методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябцев А.А., Козырева Е.Н. Оценка природной газоносности угольных пластов // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: научный журнал. 2020. № 6. С. 355–358.
2. Козырева Е.Н., Рябцев А.А. Газодинамическая активность угольного пласта и необходимость применения его дегазации // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 1. С. 8–13.
3. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Непеина Е.С., Рябцев А.А., Родин Р.И. Изучение газокинетических характеристик угольных пластов Кузбасса // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2017. № 2. С. 18–30.
4. Тайлаков О.В., Кормин А.Н. Особенности методов определения газоносности угольных пластов // Научный журнал Российского газового общества. 2019. № 1. С. 35–38.
5. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В., Назаров Н.Ю. Некоторые особенности управления метанообильностью высокопроизводительного выемочного участка // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 9. С. 322–325.
6. Шинкевич М.В. Газовыделение из отрабатываемого пласта с учётом геомеханических процессов во вмещающем массиве // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. Отд. вып. № 6. С. 278–285.
7. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В., Смирнов С.Р., Исамбетов В.Ф. Необходимость применения пластовой дегазации по уточненной газоносности пласта (на примере лавы № 449 Шахты «Чертинская-Коксовая») // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 1. С. 14–19.
8. Полевщиков Г.Я., Плаксин М.С. Газогеомеханические процессы при проведении подготовительных выработок // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2010. № 2. С. 36–45.
9. Плаксин М.С., Рябцев А.А. Особенности развития динамических газопроявлений при проведении подготовительной выработки // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2017. С. 67–73.
10. Родин Р.И. Эффективность дегазации шахт Кузбасса // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011. № 2. С. 116–119.
11. Пат. 2510461 РФ, МПК E21F 7/00(2006.01). Способ комплексного управления газовыделением на выемочных участках при отработке мощных и сближенных высокогазоносных пологих угольных пластов / заявители Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Родин Р.И., Климов В.Г.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук (ИУ СО РАН). № 2012152727/03; заявл. 06.12.2012; опубл. 27.03.2014.
12. Плаксин М.С., Родин Р.И., Альков В.И. Обоснование технологии ориентированного поинтервального гидроразрыва угольного пласта через дегазационные скважины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № S49. С. 98–105.
13. Klishin V.I., Opruk G.Y., Tatsienko A.L. Technology and means of a coal seam interval hydraulic fracturing for the seam degassing intensification // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Ser. «All-Russian Conference on Challenges for Development in Mining Science and Mining Industry Devoted to the 85th Anniversary of Academician Mikhail Kurlenya» 2017. P. 012019.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.83.65.006

UDC 622.831

© E.N. Kozyreva, 2020

E.N. KOZYREVA

Candidate of Engineering Sciences,

Head of Laboratory

Federal Research Center For Coal And Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru

PROPOSITION FOR IMPROVING GAS RELEASE MANAGEMENT IN UNDERGROUND MINING

Methods have been developed to predict the methane abundance of preparatory workings and excavation areas in conditions of variability of coal seams properties and rock mass states under man-made impact and taking into account mining and technological conditions of workings. Methods are presented to increase efficiency of gas release control during underground mining operations in order to ensure safe (gas-related) conditions of face operation.

Keywords: COAL BED, PREPARATION MINE, EXCAVATION AREA, METHOD, FORECAST OF METHANE ABUNDANCE, CONTROL OF GAS RELEASE.

REFERENCES

1. Ryabtsev A.A., Kozyreva E.N. Assessment of natural gas content of coal seams // Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources: scientific journal [Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov: nauchnyy zhurnal]. 2020. No. 6. P. 355–358. [In Russ.].
2. Kozyreva E.N., Ryabtsev A.A. Gas-dynamic activity of a coal seam and the need for its degassing // Bulletin of the scientific center for the safety of work in the coal industry [Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti]. 2018. No. 1. P. 8–13. [In Russ.].
3. Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N., Nepeina E.S., Ryabtsev A.A., Rodin R.I. Study of gas-kinetic characteristics of Kuzbass coal seams // Bulletin of the scientific center for the safety of work in the coal industry [Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti]. 2017. No. 2. P. 18–30. [In Russ.].
4. Tailakov O.V., Kormin A.N. Features of methods for determining the gas content of coal seams // Scientific journal of the Russian Gas Society [Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo gazovogo obshchestva]. 2019. No. 1. P. 35–38. [In Russ.].
5. Kozyreva E.N., Shinkevich M.V., Nazarov N.Yu. Some features of the management of methane abundance in a high-performance mining area // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal) [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)]. 2011. No. 9. P. 322–325. [In Russ.].
6. Shinkevich M.V. Gas release from the mined formation taking into account geomechanical processes in the enclosing massif // Gornyy information-analytical bulletin [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten]. 2013. Separate issue No. 6. P. 278–285. [In Russ.].
7. Kozyreva E.N., Shinkevich M.V., Smirnov S.R., Isambetov V.F. The need to apply seam degassing based on the specified gas content of the seam (for example, longwall No. 449 of the Chertinskaya-Koksovaya mine) // Bulletin of the scientific center for the safety of work in the coal industry [Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti]. 2018. No. 1. P. 14–19. [In Russ.].

8. Polevshchikov G.Ya., Plaksin M.S. Gas-geomechanical processes during preparatory workings // Bulletin of the scientific center for the safety of work in the coal industry [Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti]. 2010. No. 2. P. 36–45. [In Russ.].

9. Plaksin M.S., Ryabtsev A.A. Features of the development of dynamic gas showings during preparatory development // Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources [Naukoemkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. 2017. P. 67–73. [In Russ.].

10. 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. P. 116–119. [In Russ.].

11. Pat. 2510461 RF, IPC E21F 7/00 (2006.01). The method of integrated gas release management in mining areas during the development of thick and close high-gas-bearing shallow coal seams / applicants Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N., Rodin R.I., Klimov V.G. ; patent holder Federal State Budgetary Institution of Science Coal Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IU SB RAS). No. 2012152727/03; declared 12/06/2012; publ. 03/27/2014. [In Russ.].

12. Plaksin M.S., Rodin R.I., Alkov V.I. Substantiation of the technology of oriented interval hydraulic fracturing of a coal seam through degassing wells // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal) [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)]. 2018. No. S49. P. 98–105. [In Russ.].

13. Klishin V.I., Opruk G.Y., Tatsienko A.L. Technology and means of a coal seam interval hydraulic fracturing for the seam degassing intensification // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Ser. «All-Russian Conference on Challenges for Development in Mining Science and Mining Industry Devoted to the 85th Anniversary of Academician Mikhail Kurlenya» 2017. P. 012019.