

РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2020.2.17

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПОРОДЫ И ГАЗА ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В ДОЛОМИТОВЫХ ПОРОДАХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

С.С. Андрейко

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по разработке способов предотвращения выбросов породы и газа при проходке подготовительных выработок буровзрывным и механизированным (комбайновым) способами в доломитовых породах на глубинах 1300 м и более. Разработаны способы предотвращения выбросов породы и газа в горнотехнических условиях без применения и с применением локального метода прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин. Способами предотвращения выбросов породы и газа при проходке выработок буровзрывным и механизированным способами без реализации локального метода прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин предусматривается на первой стадии проходки применение передового торпедирования приконтурной части массива горной выработки с учетом радиуса эффективного трещинообразования. Далее при буровзрывном способе проходки осуществляется взрывная отбойка породы в пределах проектного контура проходимой выработки. При механизированном способе проходки производится торпедирование пород в забое выработки и интервальная проходка выработки комбайном. При проходке выработок буровзрывным и механизированным способами с применением локального метода прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин предусматривается на первой стадии проходки передовое торпедирование только выбросоопасных слоев в приконтурной части массива горной выработки с учетом радиуса эффективного трещинообразования. Далее при буровзрывном способе проходки осуществляется взрывная отбойка породы в пределах проектного контура проходимой выработки. При механизированном способе проходки производится торпедирование выбросоопасных слоев пород в забое выработки и интервальная проходка выработки комбайном.

Ключевые слова: выбросы породы и газа, вмещающие породы, подготовительные выработки, способы предотвращения, горнотехническая ситуация, локальное прогнозирование, буровзрывные работы, выбросоопасные породы, передовое торпедирование, взрывная отбойка, интервальная проходка.

Введение

В настоящее время на руднике «Интернациональный» АК «Алроса» при ведении подготовительных горных работ во вмещающих породах на глубинах 1300 м и ниже появилась новая природная опасность – внезапные и инициированные буровзрывными работами выбросы породы и газа. Внезапность, большая мощность, наличие поражающих факторов в виде разлетающихся с высокой скоростью кусков породы, воздушной волны и интенсивного газовыделения природных горючих газов, отсутствие установленных предупредительных признаков и предвестников газодинамических явлений данного вида представляют серьезную угрозу жизни шахтеров [1–2]. В связи с этим фактом появилась настоятельная необходимость исследования и разработки эффективных способов предотвращения и управления интенсивностью выбросов породы и газа. Практика ведения горных работ на пластах, опасных по газодинамическим явлениям, при разработке выбросоопасных угольных пластов и вмещающих пород, выбросоопасных калийных пластов и проходке тоннелей по выбросоопасным породам показывает, что только глубокое изучение природы выбросов породы и газа во вмещающих породах позволит обосновать эффективные меры

борьбы с ними и определить возможные способы управления динамическим разрушением массива вмещающих пород на больших глубинах в условиях рудника «Интернациональный» [3–21].

Разработка способов предотвращения выбросов породы и газа при проходке выработок на больших глубинах

В настоящее время в соответствии с требованиями п. 285 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах», (далее по тексту Правила) «Выбор параметров паспорта буровзрывных работ для выработок, проводимых по угольным пластам и породам, опасным по внезапным выбросам, должен обеспечивать полную отбойку угля (породы) по всей площади сечения выработки. Если при сотрясательном взрывании не достигнута требуемая конфигурация забоя, следует провести повторное сотрясательное взрывание по оконтуриванию выработки...». Требование п. 285 Правил исключает варианты применения в условиях рудника «Интернациональный» при проходке выработок по выбросоопасным породам многоприемного (постадийного) взрывания, позволяющего варьировать количеством и порядком отрыва частей массива в приконтурной части проходимой выработки. Многоприемное взрывание – раздельное взрывание врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуровых зарядов, позволяющее снизить интенсивность и частоту выбросов породы и газа, повысить темпы проведения выработок.

Сотрясательное взрывание, согласно современным представлениям, это взрывные работы на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа, выполняемые в определенном режиме, направленном на защиту людей от последствий возможных выбросов породы и газа. При этом сотрясательное взрывание имеет две принципиально разные цели: полная отбойка породы в заданном сечении выработки и предотвращение выбросов породы и газа. Как показывает практика ведения горных работ на пластах и в породах, опасных по внезапным выбросам, достичь этих целей одновременно весьма затруднительно, а часто просто невозможно. Требования указанных выше Правил к сотрясательному взрыванию также распространяются на пластовое и внепластовое (передовое) торпедирование, предназначенное для предотвращения внезапных выбросов (п. 284 Правил). В этой связи при разработке способов предотвращения выбросов породы и газа на больших глубинах реализовывался подход к проблеме выбросов породы и газа в условиях рудника «Интернациональный», заключающийся в предотвращении выбросов породы и газа из массива вмещающих пород за пределами проектного сечения выработок. Кроме этого, решалась задача снижения интенсивности выбросов породы и газа из пород, расположенных в проектном сечении проходимых выработок за счет снижения ударной нагрузки на массив от взрывного импульса и последовательности отбойки слоев буровзрывным способом в забое выработки. При этом предполагается, что на глубину торпедирования полость выброса породы и газа из забоя выработки будет располагаться в проектном сечении выработки, обеспечивая при этом дополнительное подвигание забоя выработки при буровзрывных работах (БВР).

В процессе разработки способов предотвращения выбросов породы и газа рассмотрены следующие горнотехнические ситуации:

- буровзрывной и механизированный (комбайновый) способы проходки без применения метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин, т.е. все слои вмещающих пород относятся к опасным по внезапным выбросам породы и газа;
- буровзрывной и механизированный (комбайновый) способы проходки с применением метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по

данным кернового материала опережающих забой выработок скважин, т.е. в забое выработки выделяются слои вмещающих пород, опасные по внезапным выбросам породы и газа.

В горнотехнической ситуации, когда не применяется метод локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород, следует применять следующий режим проходки выработки буровзрывным или механизированным (комбайновым) способом проходки. В этом режиме 1 фазой проходки осуществляется передовое торпедирование приконтурной части массива горной выработки с учетом радиуса эффективного трещинообразования, равного 0,5 м вокруг шпура. Размещение шпуров выполнялось таким образом, чтобы при любой длине шпура на уровне забойной части шпура происходило смыкание зон трещинообразования, и при этом данная зона выходила за контур выработки на 2 м. В рассмотренных вариантах длина шпуров принималась 3,4 м или 5 м, но не исключается применение и большей длины скважин для приконтурного торпедирования. На рисунке 1 показано расположение шпуров для самого первого цикла первого торпедирования. При этом расположении шпуров и этих углах наклона для первого цикла обеспечивается необходимое расстояние 2 м (выход зоны трещинообразования за контур) для безопасной отбойки во время второй фазы самого первого цикла. На рисунке 2 представлен вариант торпедирования массива шпурами глубиной 3,4 м. Второй фазой (приемом) является взрывная отбойка породы в забое выработки при буровзрывном способе проходки. Схемы расположения комплектов шпуров в забое выработки являются примерными и могут корректироваться в зависимости сечений проходимых выработок и геологических условий их проходки.

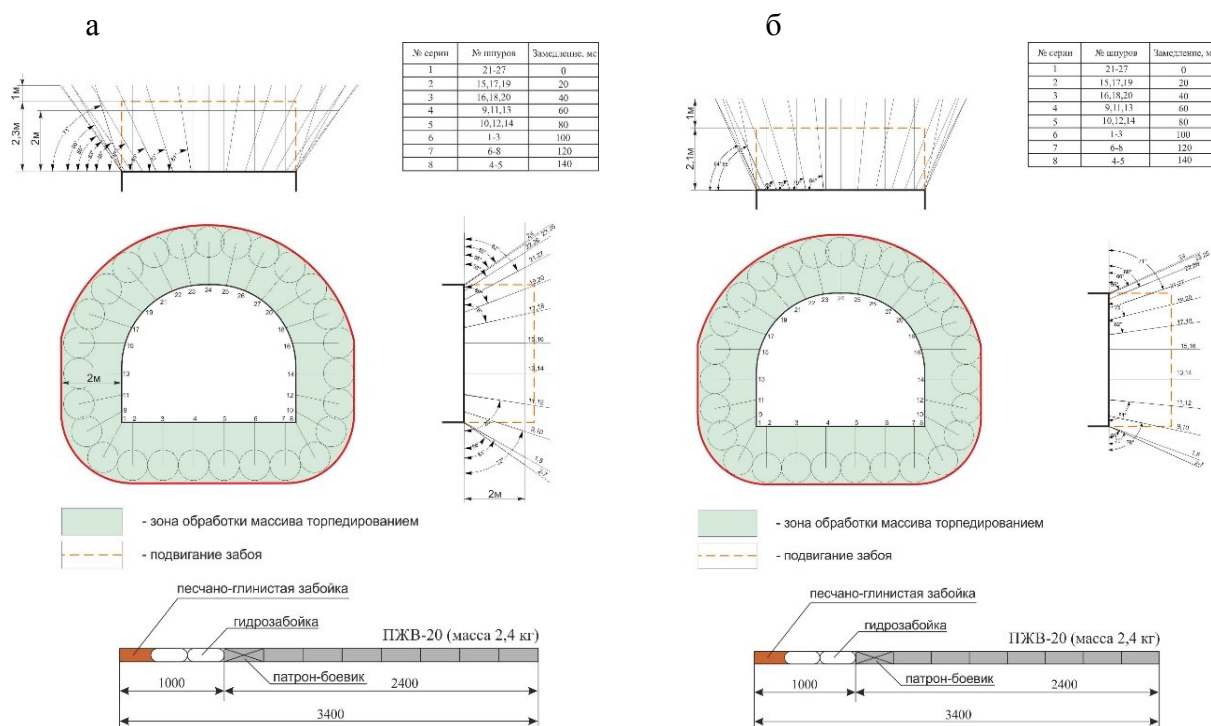


Рис. 1. Схема комплекта шпуров для торпедирования в первом (а) и последующих (б) циклах буровзрывных работ при торпедировании

На второй фазе – взрывной отбойке породы в забое – предусматривается ограничение интенсивности выброса породы и газа из забоя выработки за счет снижения интенсивности взрывного импульса путем применения ступеней замедления и порядка отбойки слоев пород. На рисунке 2 представлена схема второй фазы (приема) взрывания.

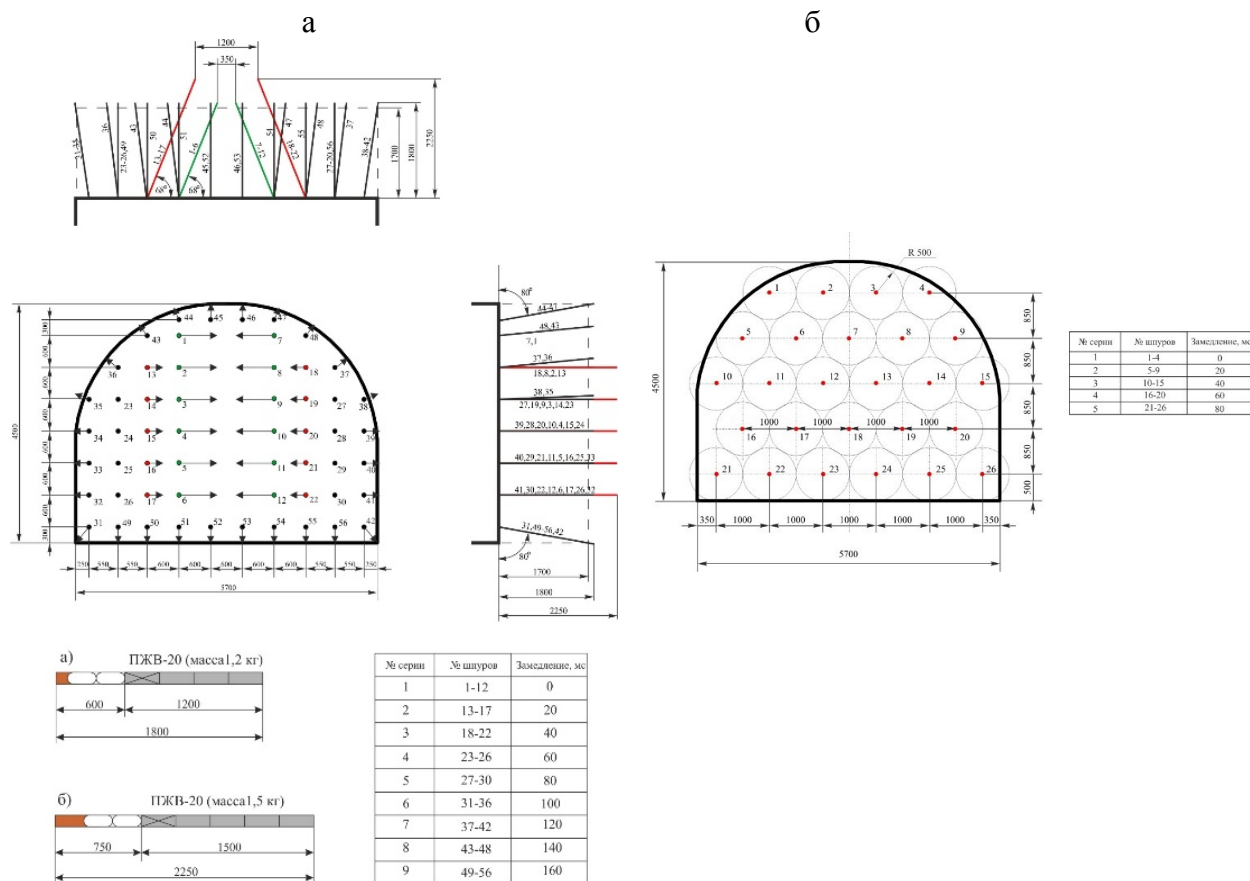


Рис. 2. Схема комплекта шпуров для отбойки породы в забое при буровзрывном способе проходки (а) торпедировании в забое (б) при механизированном (комбайновом) способе проходки

Второй фазой (приемом) при механизированном (комбайновом) способе проходки является торпедирование забоя горной выработки. Схемы расположения комплектов шпуров в забое выработки являются примерными и могут корректироваться в зависимости от сечений проходимых выработок и геологических условий их проходки. Конструкции зарядов аналогичны первой фазе торпедирования. Третья фаза – интервальная проходка горной выработки комбайном на расстояние, обеспечивающее опережение зоной, обработанной торпедируемыми шпурами, забоя горной выработки на расстояние не менее чем 1 м.

Рассмотрим горнотехническую ситуацию, когда буровзрывной и механизированный (комбайновый) способы проходки реализуются с применением метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин, т.е. в забое выработки выделяются слои вмещающих пород, опасные по внезапным выбросам породы и газа, или невыбросоопасные. Обычный режим проходки подготовительных выработок по вмещающим породам вводится при условии достаточной мощности защитной пачки. Защитная пачка – слой пород, отделяющий контур выработки от выбросоопасных пород или минимальное расстояние от кровли, или почвы выработки до выбросоопасного слоя. Торпедирование пород почвы следует начинать при мощности защитной пачки не менее 2,0 м. При отходе от выбросоопасного слоя, когда в кровлю выработки «перемещаются» доломиты глинистые, слоистые, слабоустойчивые, а над ними располагается выбросоопасный слой, мощность защитной пачки следует принимать 1 м для того, чтобы дополнительно не ослабить их в результате торпедирования и избежать увеличения проектных сечений выработки.

Режим вскрытия подготовительными выработками выбросоопасных слоев пород (доломитов), расположенных в почве. Применяется при расстоянии по нормали от почвы выработки до выбросоопасного слоя вмещающих пород 2,0 м и менее (рисунок 3а). Режим пересечения подготовительными выработками выбросоопасных пород при их расположении в почве, в забое (в пределах сечения выработки) и в кровле выработки при проходке буровзрывным способом представлен на рисунке 3б.

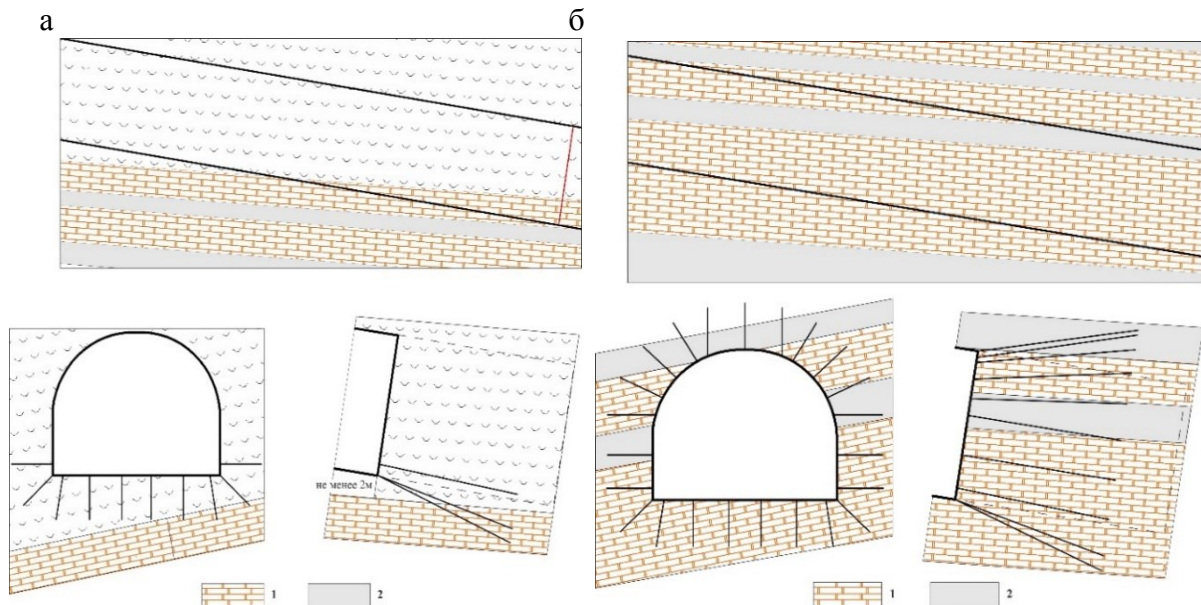


Рис. 3. Режим вскрытия подготовительными выработками выбросоопасных слоев пород, расположенных в почве (а), и режим пересечения подготовительными выработками выбросоопасных пород при их расположении в почве, в забое (в пределах сечения выработки) и в кровле выработки (б) при проходке буровзрывным способом

Это наиболее сложная горнотехническая ситуация, при которой предусматривается торпедирование пород по всему контуры выработки. Торпедирование пород кровли выработки производится при расстоянии по нормали от кровли выработки до выбросоопасного слоя доломитов 1,0 м и менее. В аналогичном режиме осуществляется проходка выработок буровзрывным способом при изменении положения выбросоопасных слоев пород относительно сечения выработки по мере ее проходки.

При выявлении выбросоопасного слоя по трассе проходки горной выработки методом локального прогнозирования способ поинтервальной комбайновой проходки выработок во вмещающих породах реализуется следующим образом. Первой фазой способа является торпедирование приконтурной части массива горных пород в пределах выбросоопасного слоя шпурами или скважинами. Вторая фаза – торпедирование непосредственно выбросоопасных пород впереди забоя по всей площади слоя в сечении горной выработки. Третья фаза – проходка горной выработки комбайном на расстояние, обеспечивающее опережение зоны, обработанной торпедированными шпурами, поверхности забоя горной выработки не менее 1 м. При этом торпедирование пород почвы горной выработки при режиме вскрытия выбросоопасного слоя сохраняется. На рисунке 4 представлен режим пересечения подготовительными выработками выбросоопасных пород при их расположении в почве, в забое (в пределах сечения выработки) и в кровле выработки.

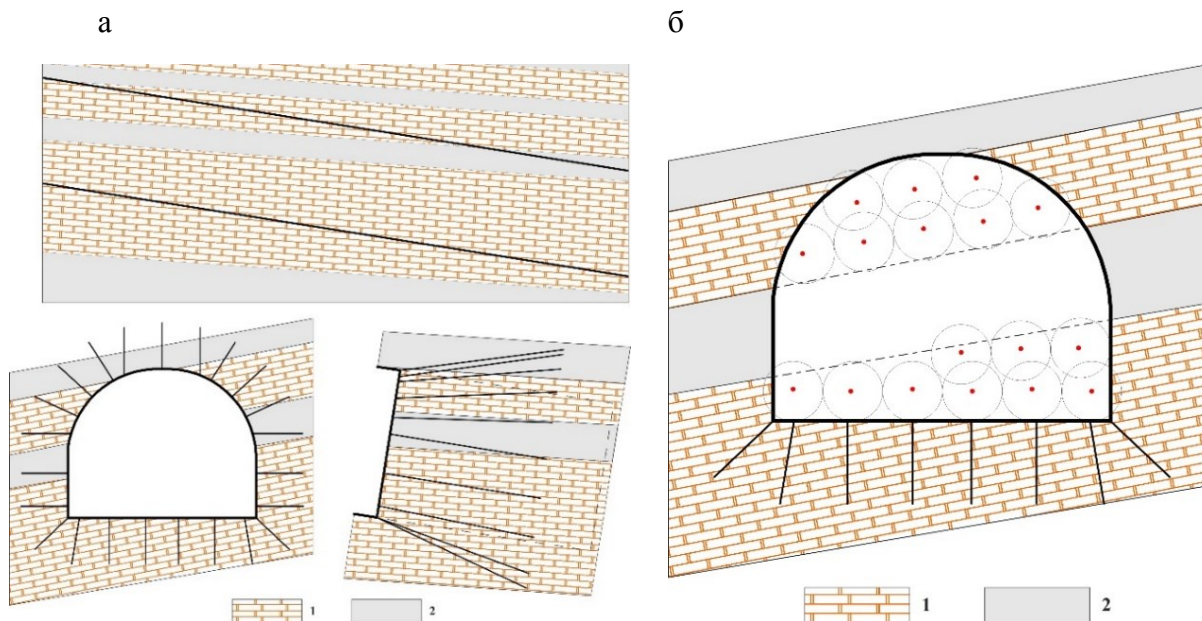


Рис. 4. Режим пересечения подготовительными выработками при механизированном (комбайновом) способе проходки слоев пород при расположении выбросоопасных пород в почве, проектном сечении выработки и кровле (1 фаза –а, 2 фаза –б): 1 – выбросоопасные породы; 2 – невыбросоопасные породы

В аналогичном режиме осуществляется проходка подготовительных выработок комбайновым способом при изменении положения выбросоопасных слоев пород относительно сечения выработки по мере ее проходки. Непосредственно проходка горной выработки комбайном является заключительной частью технологического цикла и выделяется в третью стадию. Вне зависимости от расположения выбросоопасного слоя относительно контура выработки проходка горной выработки комбайном в каждом проходческом цикле осуществляется на расстояние, обеспечивающее опережение зоны, обработанной торпедирруемыми шпурами поверхности забоя горной выработки не менее чем на 1 м. На рисунке 5 представлены принципиальные схемы проходки выработки в зависимости от расположения выбросоопасного слоя по отношению к забою горной выработки. Желтым цветом на рисунке выделена зона, в которой произведено торпедирование пород (I), пунктирной линией и цифрой II показано подвигание выработки в третьей фазе проходческого цикла.

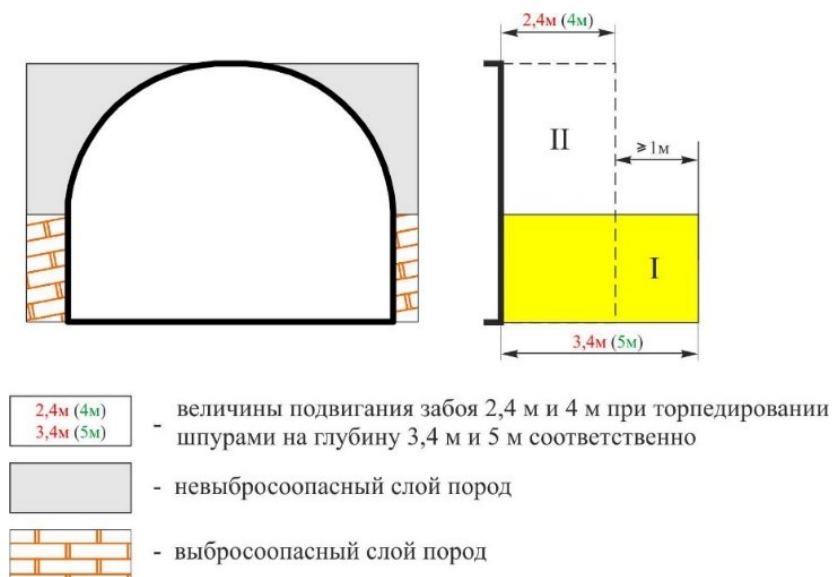


Рис. 5. Принципиальные схемы поинтервальной проходки выработки комбайном (3 фаза)

Способ механизированной (комбайновой) проходки подготовительных выработок с торпедированием выбросоопасных пород скважинными зарядами по своей сути не отличается от рассмотренных выше вариантов технологии проходки выработок с применением шпуровых зарядов при торпедировании вмещающих пород. В случае применения скважинных зарядов способ комбайновой проходки несколько усложняется из-за необходимости применения в забое бурового станка для бурения скважин и конструирования торпедозарядов для заряжения скважин. Однако при этом примерно в 2 раза снижается количество скважин для торпедирования по сравнению со шпуровыми зарядами.

Выводы

На основании результатов анализа геологических и горнотехнических условий проходки подготовительных выработок во вмещающих породах на глубинах 1300 м и более, геологического строения вмещающих пород, данных о газоносности, газодинамических характеристиках вмещающих пород, анализа применяемых при проходке подготовительных горных выработок параметров буровзрывных работ, результатов экспериментальных исследований по определению величины радиуса эффективного трещинообразования при торпедировании вмещающих пород, результатов опытно-промышленных испытаний метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород и способа передового торпедирования приконтурной части массива можно сделать следующие выводы. Для безопасной проходки подготовительных выработок во вмещающих породах на глубинах ведения горных работ 1300 м и более рекомендуется применять следующие способы предотвращения выбросов породы и газа.

При буровзрывном способе проходки без применения метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин, т.е. все слои вмещающих пород относятся к опасным по внезапным выбросам породы и газа, 1-й фазой работ осуществляется передовое торпедирование приконтурной части массива горной выработки с учетом радиуса эффективного трещинообразования, равного 0,5 м вокруг шпура. Второй фазой (приемом) является взрывная отбойка породы в забое выработки при буровзрывном способе проходки.

При механизированном (комбайновом) способе проходки без применения метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин, т.е. все слои вмещающих пород относятся к опасным по внезапным выбросам породы и газа, 1-й фазой проходки осуществляется передовое торпедирование приконтурной части массива горной выработки с учетом радиуса эффективного трещинообразования, равного 0,5 м вокруг шпура. Второй фазой (приемом) является торпедирование забоя горной выработки. Третья фаза – интервальная проходка горной выработки комбайном на расстояние, обеспечивающее опережение зоной, обработанной торпедируемыми шпурами, забоя горной выработки на расстояние не менее чем 1 м.

В случае реализации буровзрывного способа проходки с применением метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин, т.е. в забое и приконтурной части выработки выделяются слои вмещающих пород, опасные по внезапным выбросам породы и газа, или невыбросоопасные, 1-й фазой проходки осуществляется передовое торпедирование приконтурной части массива в пределах выделенных выбросоопасных слоев вмещающих пород с учетом радиуса эффективного трещинообразования, равного 0,5 м вокруг шпура. Второй фазой (приемом) является взрывная отбойка породы в забое выработки при буровзрывном способе проходки.

В случае реализации механизированного (комбайнового) способа проходки с применением метода локального прогнозирования выбросоопасности вмещающих пород по данным кернового материала опережающих забой выработок скважин, т.е. в забое и приконтурной части выработки выделяются слои вмещающих пород, опасные по внезапным выбросам породы и газа, или невыбросоопасные, 1-й фазой способа является торпедирование приконтурной части массива горных пород в пределах выбросоопасного слоя шпурами или скважинами. Вторая фаза – торпедирование непосредственно выбросоопасных пород впереди забоя по всей площади слоя в сечении горной выработки. Третья фаза – проходка горной выработки комбайном на расстояние, обеспечивающее опережение зоны, обработанной торпедируемыми шпурами, поверхности забоя горной выработки не менее 1 м.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы ФНИ,
проект № 0422-2019-0145-С-01 (регистрационный номер темы НИОКТР:
АААА-А18-118040690029-2).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрейко С.С. Газодинамические явления при проходке подготовительных выработок во вмещающих породах на руднике «Интернациональный» АК «Алроса» // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. – Пермь: ГИ УрО РАН. – 2016. – Вып. 14. – С. 304-307.
2. Андрейко С.С. Современное состояние проблемы газодинамических явлений на действующих и вводимых в эксплуатацию калийных рудниках // Горное эхо. – 2019. – № 2 (75). – С.82-89.
3. Николин В.И., Меликсетов С.С., Беркович И.М. Выбросы породы и газа. – М.: Недра, 1967. – 80 с.
4. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. – М.: Недра, 1983. – 280 с.
5. Большинский М.И., Матлак Е.С., Федченко А.Е. Проведение выработок по выбросоопасным песчанникам проходческими комбайнами. – М.: ЦНИЭИуголь. – 1977. – 15 с.
6. Шевелев Г.А. Динамика выбросов угля, породы и газа. – Киев: Наук. думка. – 1989.–156 с.
7. Айруни А.Т. Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах. – М.: Наука. – 1987.–310 с.
8. Проскуряков Н.М., Ковалев О.В., Мещеряков В.В. Управление газодинамическими процессами в пластах калийных руд. – М.: Недра. –1988. – 239 с.
9. Кауфман Л.Л., Лысыков Б.А. Сейсмические риски внезапных выбросов пород / под общ. ред. Л.Л. Кауфмана. – Донецк: Норд-Пресс, 2010. – 418 с.
10. Андрейко С.С. Проблемы безопасной разработки калийных пластов: цели, тенденции и результаты // Моделирование стратегии и процессов освоения георесурсов: материалы междунар. конф. и науч. сес. ГИ УрО РАН. – Пермь, 2003. – С. 115-118.
11. Андрейко С.С. Результаты исследований по прогнозированию и предотвращению газодинамических явлений на Верхнекамском и Старобинском месторождениях калийных солей // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2006 г. – Пермь, 2007. – С. 137-139.
12. Андрейко С.С., Иванов О.В., Нестеров Е.А. Борьба с газодинамическими явлениями при разработке Верхнекамского и Старобинского месторождений калийных солей // Науч. исслед. и инновации. – 2009. – Т. 3, № 4. – С. 34-37.
13. Андрейко С.С. Современное состояние проблемы газодинамических явлений на Верхнекамском месторождении калийных солей // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2009 г. – Пермь, 2010. – С. 211-213.
14. Андрейко С.С., Литвиновская Н.А. Локальный прогноз зон, опасных по газодинамическим явлениям из почвы горных выработок пласта АБ на южной части шахтного поля БКПРУ-4 Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 4. – С. 205-211
15. Береснев С.П., Сенюк В.В., Гончар В.И., Андрейко С.С., Литвиновская Н.А. Исследование механизма формирования опасных по газодинамическим явлениям зон в породах калийного горизонта // Горн. журн. – 2010. – № 8. – С.31-33.
16. Марков О.И., Береснев С.П., Петровский Ю.Б., Андрейко С.С., Мальцев В.М. Параметры буровзрывного инициирования выбросов соли и газа при пересечении выбросоопасных геологических нарушений // Горн. журн. – 2010. – № 8. – С.75-77.

17. Андрейко С.С., Иванов О.В., Бикмаева Т.А. Разработка математической модели метода прогнозирования внезапных разрушений пород почвы горных выработок при очистной выемке карналлитового пласта в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 4. – С. 191-196.
18. Андрейко С.С., Иванов О.В. Метод прогноза газодинамических явлений при разработке сильвинитовых пластов Верхнекамского месторождения калийных солей // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2009. – № 7. – С. 368-373.
19. Андрейко С.С., Иванов О.В., Литвиновская Н.А. Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений из почвы при проходке подготовительных выработок в подработанном массиве соляных пород / С.С. Андрейко, – Пермь: изд-во ПНИПУ, 2015. – 159 с.
20. Андрейко С.С. Предотвращение газодинамических явлений из почвы горных выработок в условиях применения различных вариантов столбовой системы разработки Третьего калийного пласта на рудниках ОАО «Беларуськалий» // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 15 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2017. – С. 341-345.
21. Андрейко С.С., Шаманский Г.П., Лаптев Б.В. Многомерные статистические критерии классификации газодинамических явлений на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1985. – № 1.–С. 85-94.

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2020.2.18

ГАЗОНОСНОСТЬ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОД IV-п КАЛИЙНОГО ГОРИЗОНТА В УСЛОВИЯХ ШАХТНОГО ПОЛЯ ПЕТРИКОВСКОГО ГОКА

Д.А. Бобров

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В работе представлены результаты проведённых шахтных экспериментальных исследований по оценке газоносности по свободным газам и газодинамических характеристик пород IV-п калийного горизонта Петриковского ГОКа. По результатам исследований были получены фактические данные о газонасыщенности пород, дана количественная оценка газоносности по свободным газам IV-п калийного пласта и глинисто-соляных пород пласта IV-п Петриковского ГОКа.

Ключевые слова: газоносность, газодинамические характеристики, соляные породы, сильвинитовый пласт, IV-п калийный горизонт.

Введение. Петриковское месторождение калийных солей является новым участком будущего ведения подземных горных работ. При вскрытии запасов калийных солей на Петриковском ГОКе в первую очередь будет осуществлена проходка горных выработок околовольного двора. Проходка указанных выработок в данных условиях будет осуществлена впервые, опыт проведения горных выработок в новых горно-геологических условиях отсутствует. В настоящее время газоносность и газодинамические характеристики пород IV-п калийного горизонта в условиях шахтного поля Петриковского ГОКа малоизучены и требуют проведения научных исследований по их оценке. Как показывает практика ведения горных работ, при подземной разработке месторождений калийных солей существует опасность проявления газодинамических явлений разного вида, которые существенно снижают безопасность ведения горных работ [1–15].

Методика проведения исследований. Исследования проводились с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Исследование свойств геоматериалов» при ПНИПУ. Методика реализовывалась путем шахтных инструментальных наблюдений за газовыделениями из скважин диаметром 42 мм, пробуренных в кровлю с одновременным отбором проб свободного газа [16-22].

Исследовательские скважины поинтервально бурились в кровлю выработок и сразу герметизировались на расстоянии 0,5 м от забоя шпура с помощью герметизатора. Газ,