

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.831.322

ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЩЕЛЕВОЙ РАЗГРУЗКИ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫЧЕ КАРНАЛЛИТА

С. Ю. Нестерова

*Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета, E-mail: sveta_ber@inbox.ru,
ул. Тельмана, 7, 618404, г. Березники, Россия*

Рассмотрен способ предотвращения газодинамических явлений при механизированной отработке карналлитового пласта на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей, обеспечивающий эффективную дегазацию и разгрузку выбросоопасного массива путем проведения горизонтальной дегазационно-разгрузочной щели в стенке разрезной выработки. Представлены результаты шахтных экспериментальных исследований. Установлены закономерности изменения во времени в зоне влияния дегазационно-разгрузочной щели значений остаточной газоносности и показателей воздухопоглощения карналлитовых пород. Сделан вывод о целесообразности применения щелевой разгрузки для предотвращения газодинамических явлений при механизированной добыче карналлита.

Карналлитовый пласт, газодинамические явления, щелевая разгрузка, дегазационно-разгрузочная щель, торпедирование массива, коэффициент воздухопоглощения, остаточная газоносность

Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (ВКМКС) расположено в России на северо-востоке Пермского края. Запасы месторождения в настоящее время отрабатываются пятью рудниками, входящими в состав ПАО «Уралкалий»: БКПРУ-2, -4, СКРУ-1, -2, -3. Промышленными пластами на ВКМКС являются сильвинитовые пласты АБ и Красный II (Кр-II), а также карналлитовый пласт В (В_к), представленный на отдельных участках месторождения сильвинитом.

Соляные породы Верхнекамского месторождения газоносны. Распределение газов, их количественный и качественный состав как в целом по месторождению, так и в пределах шахтных полей, пластов, участков крайне неравномерен и носит локализованный характер. По характеру связи с соляными породами природные газы в калийных пластах находятся в двух видах — свободном (свободные газы) и связанном (микровключенные газы) [1, 2].

В состав микровключенных газов входят азот, метан, водород, углекислый газ. В небольших количествах встречаются инертные газы аргон, гелий, неон и др. Установлено, что количество и состав связанных газов сильно изменяются по разрезу продуктивной толщи. Наибольшее количество микровключенных газов содержится в пестрых сильвинитах пластов Б и В (от 0.06 до 0.16 м³/м³), особенно в молочно-белом сильвине (до 0.24 м³/м³). В полосчатом и красном сильвините содержание связанного газа составляет 0.02–0.06 м³/м³. Выявлено, что для всех промышленных пластов ВКМКС характерно повышенное содержание микровключенных газов в верхних слоях по сравнению с глубокозалегающими слоями.

Основными составляющими свободных газов на ВКМКС являются H_2 (0.64 – 39.4 %), CH_4 (11.5 – 48.4 %) и N_2 (33.7 – 47.5 %), в небольших количествах в составе свободных газов имеются также CO_2 , сероводород (H_2S) и тяжелые углеводороды. Давление свободных газов в массиве может достигать 20 МПа и более, газоносность соляных пород — до $40 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [3, 4]. По стратиграфическому разрезу продуктивной толщи изменяется характер распределения свободных газов: вниз по разрезу от карналлитового пласта В к сильвинитовому Кр-II наблюдается снижение содержания водорода и увеличение содержания тяжелых углеводородов [1, 2].

В результате ведения подземных горных работ природный газ, находящийся в соляных породах, выделяется в атмосферу выработок, причем газовыделение может протекать медленно и практически незаметно или внезапно и бурно (динамическое газовыделение) [4, 5]. Особенность газодинамических явлений (ГДЯ) заключается в динамичности процессов разрушения и выноса в выработку со скоростями до десятков метров в секунду различного объема пород (от нескольких тонн до нескольких десятков и тысяч тонн). ГДЯ происходят в большинстве своем в призабойной зоне при проходке очистных и подготовительных выработок, в связи с чем создают угрозу безопасности труда подземных рабочих и ухудшают технико-экономические показатели горнодобывающих предприятий.

В распределении газодинамических явлений, осложняющих разработку калийных пластов ВКМКС, отмечается зональность как по площади месторождения в целом, так и на отдельных участках шахтных полей [5]. Установлено, что газодинамические явления при отработке карналлитового пласта В_к имеют отличительные особенности от ГДЯ на сильвинитовых пластах АБ и Кр-II [6]. Так, при отработке сильвинитовых пластов В, Кр-II и АБ (в том числе пласта АБ смешанного состава) основную опасность по газодинамическим явлениям представляют вмещающие породы (до 95 % зарегистрированных случаев ГДЯ произошло из кровли и почвы выработок). Что касается ГДЯ при отработке карналлитового пласта, то, как показывает практика, все они связаны непосредственно со свойствами карналлита (повышенной газоносностью и весьма низкой газопроницаемостью), т. е. основную опасность при добыче карналлита представляет сам карналлитовый пласт [3].

Следует отметить, что ГДЯ на карналлитовом пласте В, а также на пласте АБ сильвинитового или смешанного состава объединены в две группы условий проявления выбросов, отличающихся друг от друга горно-геологическими и технологическими характеристиками. Следовательно, мероприятия, обеспечивающие безопасность ведения горных работ в условиях этих групп, также должны быть различными [7, 8]. В связи с тем что газодинамические явления при отработке карналлита происходят в основном в забое и в стенках очистных и подготовительных выработок, то при ведении горных работ по 6-му слою (В₆) пласта В_к основной мерой предотвращения ГДЯ при выемке карналлита является безопасная технология горных работ [7].

На руднике СКРУ-1, ведущем разработку не только сильвинита, но и карналлита, во время выполнения профилактической обработки методом торпедирования наиболее выбросоопасного 6-го слоя пласта В_к ГДЯ происходят из забоя и стенок очистных и подготовительных горных выработок [9]. Несмотря на отсутствие в них людей и техники, последствия зачастую носят разрушительный характер [6].

Действующим проектом механизированной добычи карналлита предусмотрено два варианта технологии очистных работ (рис. 1). В первом очистные камеры обрабатываются комбайновым комплексом Урал-10А в четыре технологических (выемочных) слоя, каждый из которых вынимается тремя последовательными ходами комбайна. По второму варианту очистные камеры обрабатываются двумя типами комплексов: верхний выемочный слой — тремя ходами комбайна Урал-10А (аналогично первому варианту), а последующие слои — комбайном Урал-20А в два хода по ширине.

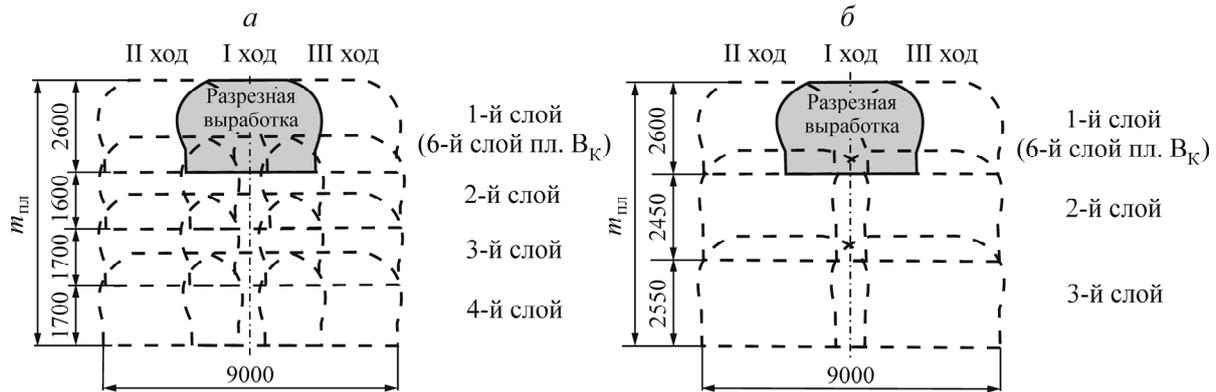


Рис. 1. Варианты послойной отработки карналлита в очистных камерах комбайном Урал-10А (а), комбайнами Урал-10А и Урал-20А (б)

В обоих случаях при отработке первого (верхнего) слоя комбайн Урал-10А проходит I ход (разрезную выработку) тупиковым забоем по центру камеры или на границе левой или правой стенки камеры (в зависимости от угла падения пласта). Каждая из очистных камер, таким образом, сбивается I ходом комбайна с вентиляционным штреком. После проходки разрезной выработки на всю длину очистной камеры поочередно осуществляются II и III ходы комбайна в пределах верхнего технологического слоя. Затем приступают к отработке нижележащих слоев.

Для обеспечения безопасности горных работ применение комбайновой технологии добычи карналлита допускается только с использованием комплекса профилактических мер по предотвращению ГДЯ [9]. В связи с тем что верхний выемочный слой расположен в пределах выбросоопасного 6-го слоя пласта V_K , проектом предусмотрено предварительное торпедирование забоя разрезной выработки и ее стенок на всю ширину очистной камеры (рис. 2). Под “торпедированием” понимается взрывание зарядов взрывчатого вещества (ВВ) в шпурах (скважинах) с целью образования в карналлитовом пласте области повышенной трещиноватости, обеспечивающей снижение горного давления в приконтурном массиве, его дегазацию и предотвращение выбросов соли и газа.

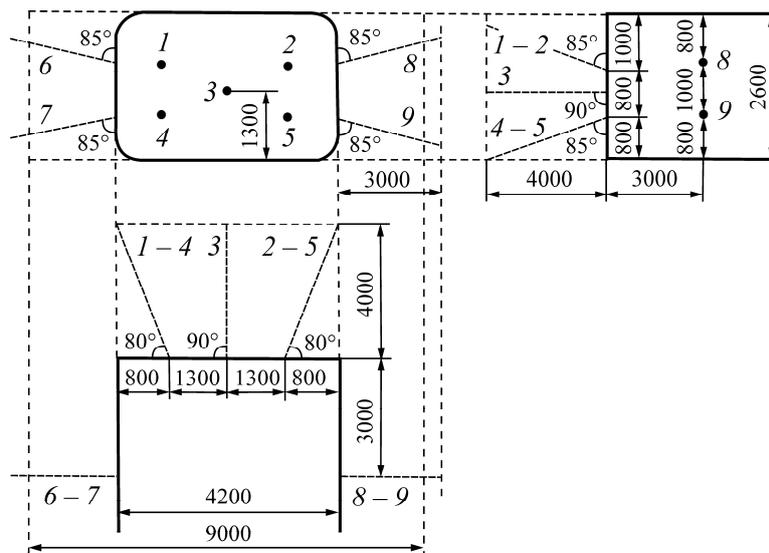


Рис. 2. Параметры шпуров для торпедирования карналлитового массива при проходке разрезной выработки

Максимальный период с момента торпедирования массива верхнего технологического слоя до начала выполнения по нему II и III ходов комбайном не должен превышать 70 сут. В противном случае необходимо повторное торпедирование массива [9].

Практика механизированной выемки карналлита показала, что данный способ разгрузки и дегазации массива при проходке разрезной выработки 6-го слоя пласта В_к имеет ряд недостатков, основным из которых является сейсмическое воздействие взрыва на приконтурный массив. Поскольку паспорт буровзрывных работ составлен для “средних” условий и не учитывает конкретных особенностей залегания и свойств пласта, режим торпедирования 6-го слоя пласта В_к часто оказывается неустойчивым и переходит в режим сотрясательного взрывания. Это приводит к газодинамическим разрушениям стенок горных выработок, а также к явлениям комбинированного типа ГДЯ с последующим обрушением кровли пласта В на больших площадях и выделением значительных объемов газов [6, 10].

Несмотря на то что ГДЯ при добыче карналлита до сих пор происходили в отсутствие в забое рабочих и техники, они, тем не менее, представляют серьезную угрозу безопасности шахтеров. Причиной производственного травматизма рабочих, занятых отработкой предварительно дегазированных участков, могут стать осыпания на комбайн во время его работы ослабленной при торпедировании части массива. Не исключены также аварийные ситуации и несчастные случаи с горнорабочими в процессе бурения ручными электросверлами шпуров в забой и стенки разрезной выработки в связи с высокой вероятностью выброса из массива бурового инструмента под действием давления газа.

При выборе средств борьбы с газодинамическими явлениями при отработке карналлитового пласта необходимо исходить из того, что предотвращение ГДЯ означает такое управление состоянием массива, при котором сохраняется устойчивость всех конструктивных элементов подземных горных выработок и невозможность их хрупкого саморазрушения. Выбор параметров технологии разработки пластов должен основываться на обеспечении плавного изменения напряжений и возможности дегазации массива [7].

Установлено, что при постепенном длительном нагружении карналлит способен деформироваться пластично, при быстром (при взрывной выемке) у него возрастает доля упругой деформации и он разрушается хрупко, что способствует развитию ГДЯ в приконтурном массиве [8].

При переходе с буровзрывного способа добычи карналлита на Верхнекамском месторождении на механизированную выемку с помощью комбайновых комплексов успешно испытан способ снижения разгрузки и дегазации карналлитового пласта В с помощью оконтуривающих (разгружающих) щелей [11 – 13]. Данный способ предотвращения ГДЯ показал высокую эффективность, но не получил внедрения в производство ввиду отсутствия соответствующих технических разработок на специальное оборудование, требующих значительных материальных затрат.

Разгрузочные щели зарекомендовали себя как надежный и эффективный способ борьбы с ГДЯ на угольных пластах. Так, известен метод предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа непосредственно из очистного забоя, основанный на образовании перед выемкой угля комбайном разгрузочной щели по всей длине очистного забоя при помощи врубовой машины “Урал-33” [14]. Кроме того, разгрузочную щель применяют, например, при проведении подготовительных выработок для образования разгруженной и дегазированной зоны впереди тупикового забоя с помощью передового глубинного гидрорезания [15].

Практика борьбы с внезапными выбросами на угольных пластах показала, что проходка разгрузочной щели по всей длине очистного забоя является наиболее безопасным и надежным способом, обеспечивающим непрерывную разгрузку краевой части выбросоопасного пласта за счет более интенсивного неупругого деформирования массива в зоне влияния щели по сравне-

нию с другими локальными способами (бурение опережающих скважин, торпедирование, гидрорыхление и др.) [16, 17]. Схожесть основных подходов к решению проблем ГДЯ при обработке выбросоопасных угольных пластов и соляных пород, а именно уменьшение давления и содержания газа в породах, снижение уровня НДС потенциально-опасных участков, позволили ряду исследователей предположить возможность применения щелевой разгрузки и в условиях калийных рудников [11 – 13, 18 – 23].

Применительно к условиям обработки карналлитового пласта В, опасного по ГДЯ, механизм воздействия щелевой разгрузки на выбросоопасный массив состоит в следующем. Создание горизонтальной щели в стенке горной выработки позволяет временно увеличить ширину пролета выработки и переместить зону концентрации напряжений с контура выработки вглубь массива. Под воздействием горного давления в зоне влияния щели происходит расслоение и смещение пород в образованное пространство щели. Благодаря этому, в массиве создаются зоны повышенной трещиноватости и формируются искусственные каналы для фильтрации газа из массива в атмосферу горной выработки, что способствует дегазации пласта и снижению в нем давления газов. В результате снижения уровня напряжений пород и давления газа в приконтурном массиве горной выработки уменьшается вероятность развития ГДЯ [24].

Для повышения безопасности ведения горных работ при механизированной добыче карналлитовой руды на руднике СКРУ-1 ОАО «Сильвинит» проведены экспериментальные исследования эффективности дегазации стенок при проходке разрезной выработки с помощью горизонтальной дегазационно-разгрузочной щели (ДРЩ) (рис. 3). Эксперимент включал в себя наблюдения за деформированием пород на контуре выработки и развитием процессов дегазации массива в зоне влияния горизонтальных ДРЩ глубиной 1.2 и 3 м [25].

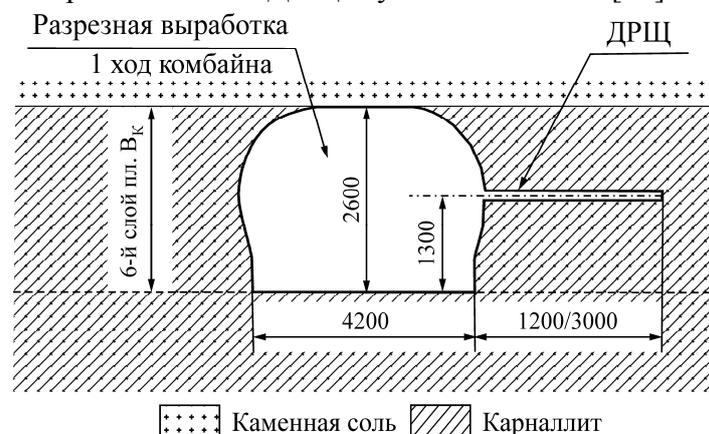


Рис. 3. Общий вид выработки с горизонтальной дегазационно-разгрузочной щелью в стенке разрезной выработки

Регулярные замеры содержания свободных газов в массиве показали, что проведение горизонтальной щели в стенке горной выработки способствует снижению газоносности карналлитовых пород в приконтурном массиве до глубины, равной глубине щели. Так, в стенке выработки со щелью глубиной 1.2 м период снижения газоносности пород до безопасной величины $0.4 \text{ м}^3/\text{м}^3$ составил 3 сут (рис. 4а). За это время содержание свободных газов на участках массива над и под щелью снизилось по сравнению с исходным значением в 2.5 и 2.3 раза соответственно. В зоне влияния щели глубиной 3 м необходимая по безопасности величина остаточной газоносности пород по условному метану $0.4 \text{ м}^3/\text{м}^3$ была достигнута в течение первых суток после прорезки щели (рис. 4б). При этом газоносность участков массива выше и ниже щели снизилась по сравнению с первоначальным значением в 4 и 5 раз соответственно.

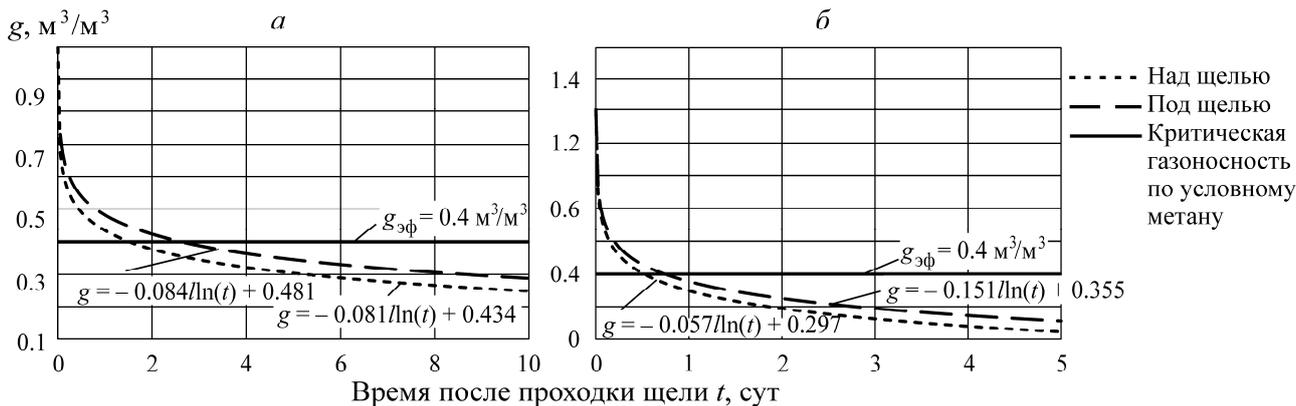


Рис. 4. Кривые изменения остаточной газоносности пород: а — в зоне влияния щели глубиной 1.2 м; б — на участке со щелью глубиной 3 м (g — средняя газоносность)

По результатам исследований процессов дегазации массива в зоне влияния ДРЩ глубиной 1.2 и 3 м получены логарифмические зависимости остаточной газоносности g по условному метану пород 6-го слоя карналлитового пласта В от времени t , прошедшего после проходки горизонтальной щели (рис. 4).

Согласно методике исследований, эффективность применения горизонтальной щели для предотвращения ГДЯ при механизированной выемке карналлита оценивалась также по коэффициенту эффективности $K_{\text{эф}}$ воздухопоглощения, который определяется как отношение показателей воздухопоглощения, достигнутых в зоне влияния щели в разные периоды времени после проходки щели, к среднему исходному значению [9, 25 – 27]. Эффект считается достигнутым при значении $K_{\text{эф}} \geq 1.5$ [9].

Исследования показали, что проведение горизонтальной дегазационно-разгрузочной щели способствует росту показателя воздухопоглощения карналлитовых пород в приконтурном массиве на глубине, равной глубине щели. При этом в стенке горной выработки с ДРЩ глубиной 1.2 м безопасный уровень эффективности по воздухопоглощению $K_{\text{эф}} \geq 1.5$ достигается также через 3 сут после прорезки щели (рис. 5а). В породах выше щели в зоне влияния ДРЩ глубиной 3 м эффективность по воздухопоглощению отмечается в первые сутки после прорезки щели (рис. 5б). Поскольку на участке массива выше щели глубиной 3 м достижение критического коэффициента $K_{\text{эф}} \geq 1.5$ наступает через 2 сут, за окончательное время достижения необходимого уровня безопасности по воздухопоглощению в зоне влияния щели глубиной 3 м принимается период 2 сут.

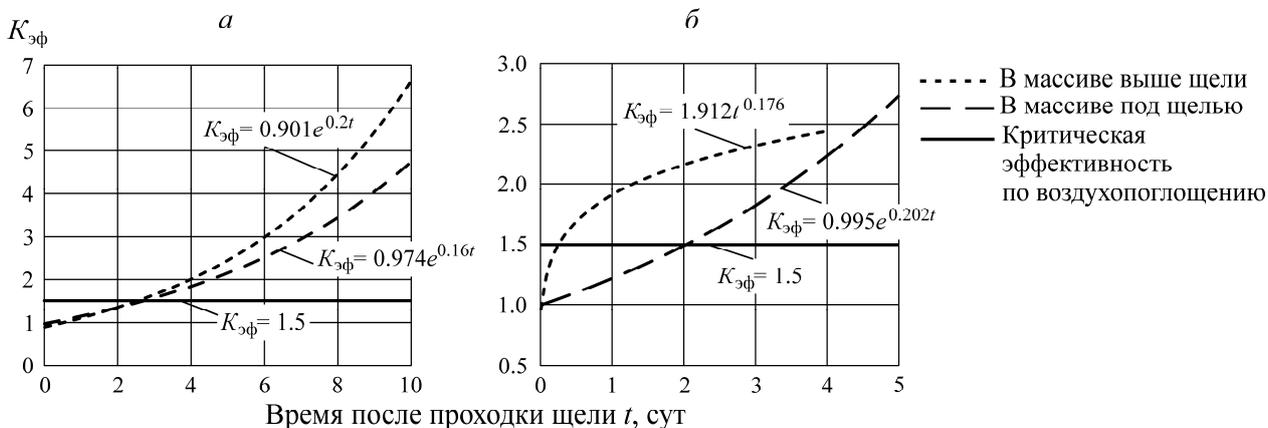


Рис. 5. Кривые изменения коэффициентов эффективности по воздухопоглощению пород: а — в зоне влияния щели глубиной 1.2 м; б — на участке со щелью глубиной 3 м

По результатам замеров показателей воздухопоглощения пород в зоне влияния ДРЩ глубиной 1.2 и 3 м получены корреляционные зависимости коэффициента эффективности по воздухопоглощению $K_{эф}$ от времени t , прошедшего после проходки горизонтальной щели (рис. 5).

Результаты исследований процессов дегазации карналлитовых пород в приконтурном массиве горной выработки с горизонтальной щелью показали, что на участках массива выше щели снижение уровня газоносности пласта и рост показателей воздухопоглощения пород происходят более активно по сравнению с показателями, установленными за тот же период времени в породах под щелью. Установлено, что изменение НДС на контуре горной выработки с горизонтальной щелью приводит к повышению темпов роста показателей воздухопоглощения пород. Это связано с увеличением трещиноватости карналлитового пласта в зоне влияния ДРЩ вследствие развития во времени, а также под воздействием сил гравитации и опорного горного давления процессов деформирования пород, их расслоения и постепенного формирования в массиве систем связанных трещин.

ВЫВОДЫ

Результаты экспериментальных исследований позволили сделать следующие выводы, имеющие практическую значимость:

— применение щелевой разгрузки способствует росту трещиноватости карналлитовых пород и постепенному формированию в стенке горной выработки с горизонтальной щелью систем связанных трещин, которые представляют собой системы проводников для фильтрации газа из массива в выработку;

— при расположении горизонтальной щели на равном расстоянии между кровлей и почвой выработки обеспечивается возможность равномерной дегазации и роста показателей воздухопоглощения карналлитовых пород на глубине щели в пределах высоты хода комбайна Урал-10А, равной 2.6 м;

— необходимый по условиям безопасности эффект дегазации карналлитового пласта в стенке разрезной выработки с горизонтальной дегазационно-разгрузочной щелью глубиной 3 м достигается через двое суток после проходки щели.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтвердили целесообразность применения горизонтальной дегазационно-разгрузочной щели в качестве эффективного способа предотвращения газодинамических явлений при механизированной добыче карналлита [26, 27].

Предложенный способ предотвращения газодинамических явлений при комбайновой отработке карналлита с помощью щелевой разгрузки имеет по сравнению с методом торпедирования ряд достоинств:

— за счет исключения взрывных работ в стенках разрезной выработки и уменьшения общего расхода ВВ на проходческий цикл (в связи с торпедированием только забоя разрезной выработки) снижается динамическое воздействие взрыва на приконтурный массив;

— отсутствует ограничение во времени максимального периода с момента прорезки — дегазационно-разгрузочной щели до начала отработки комбайном предварительно дегазированных участков;

— снижается риск производственного травматизма рабочих, занятых предварительной дегазацией массива верхнего выемочного слоя, в связи с исключением из проходческого цикла бурения шпуров в недегазированные стенки разрезной выработки ручными электросверлами.

По результатам исследований разработаны два варианта технологических схем профилактической обработки выбросоопасного массива карналлитового пласта В для условий рудника СКРУ-1 ПАО “Уралкалий” [27, 28].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полянина Г. Д. Газы соляных пород и газопроявления в рудниках Верхнекамского месторождения // Горн. журн. — 1995. — № 6. — С. 145–150.
2. Несмелова З. Н. О газах в калийных солях Березниковского рудника: тр. ВНИИГ: Материалы по геологии и гидрогеологии районов соленакпления. — Л.: Госхимиздат. — 1959. — Вып. 35. — С. 206–243.
3. Проскуряков Н. М. Внезапные выбросы породы и газа в калийных рудниках. — М.: Недра, 1980. — 264 с.
4. Земсков А. Н., Кондрашев П. И., Травникова Л. Г. Природные газы калийных месторождений и меры борьбы с ними. — Пермь: Типография купца Тарасова, 2008. — 414 с.
5. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках ОАО “Сильвинит”. — Новосибирск: Наука, 2011. — 487 с.
6. Андрейко С. С. Статистические критерии и результаты оценки закономерностей распределения газодинамических явлений на калийных месторождениях // ФТПРПИ. — 2003. — № 4. — С. 45–55.
7. Полянина Г. Д., Земсков А. Н., Падерин Ю. Н. Технология и безопасность разработки Верхнекамского калийного месторождения. — Пермь: Кн. изд-во, 1990. — 262 с.
8. Проскуряков Н. М. Управление состоянием массива горных пород. — М.: Недра, 1991. — 368 с.
9. Указания по безопасной механизированной отработке карналлитового пласта В и пластов смешанного состава на рудниках ОАО “Сильвинит”. — Пермь; Соликамск, 2002. — 47 с.
10. Нестерова С. Ю. Оценка состояния стенок горных выработок после торпедирования при механизированной выемке карналлитового пласта В в условиях рудника СКПРУ-1 ОАО “Сильвинит” // Моделирование стратегии и процессов освоения георесурсов. — Пермь: Ги УрО РАН, 2003. — С. 237–239.
11. Полянина Г. Д., Виноградов Ю. А. Управление выбросоопасностью карналлитового пласта с помощью разгружающе-дегазационных щелей и скважин // Физические процессы горного производства. — М.: МГИ, 1991. — С. 51–53.
12. Полянина Г. Д., Виноградов Ю. А. Новые технологии отработки выбросоопасного карналлитового пласта // Горные науки на рубеже XXI в. — Пермь: ПермПИ, 1997. — С. 155–156.
13. Виноградов Ю. А., Полянина Г. Д., Папулов Л. М. Технология отработки выбросоопасного соляного пласта с предварительным проведением разгружающих щелей // Повышение эффективности процессов добычи и переработки соли. — М.: МГИ, 1988. — С. 105–106.
14. Балинченко И. И., Рейпольский П. А., Тимофеев Э. И., Серболов Э. Е. Применение разгрузочной щели для предотвращения внезапных выбросов в очистных забоях // Безопасность труда в пром-сти. — 1992. — № 8. — С. 25–27.
15. Айруни А. Т., Бобин В. А., Лазарев В. Г. Экспериментальные исследования динамики газовыделения в подготовительные выработки // Горн. журн. — 1984. — № 8. — С. 37–42.
16. Николин В. И., Александров С. Н., Яйло В. В., Фридман Г. М. Предотвращение выбросов угля и газа с помощью щелевой разгрузки. — Киев: Тэхника, 1992. — 118 с.
17. Турчанинов И. А., Ключников А. В. О приконтурном нарушении массива горных пород при проходке выработок // ФТПРПИ. — 1968. — № 4. — С. 29–32.
18. Константинова С. А., Падерин Ю. Н., Комисарова В. К. Щелевая разгрузка кровли соляных пород как способ повышения ее устойчивости // Проблемы безопасной разработки калийных месторождений. — Минск, 1990. — 47 с.
19. Журавков М. А. Влияние компенсационных щелей на устойчивость выработок, пройденных в породах, опасных по ГДЯ // Совершенствование разработки соляных месторождений. — Пермь: ПермПИ, 1990. — С. 30–41.
20. Пат. 1028853 СССР. Способ проведения горных выработок по пластам, опасным по динамическим явлениям / С. Я. Жихарев и др. // Опубл. в БИ. — 1983. — № 26.

21. Пат. 2203424 РФ. Способ предотвращения газодинамического разрушения пород кровли горной выработки / Н. И. Алыменко, С. С. Андрейко, Ю. П. Бушуев, В. В. Минин, С. Ю. Нестерова, А. Н. Чистяков // Оpubл. в БИ. — 2003. — № 12.
22. Пат. 2203423 РФ. Способ предотвращения газодинамического разрушения пород почвы горной выработки / Н. И. Алыменко, С. С. Андрейко, Ю. П. Бушуев, В. В. Минин, С. Ю. Нестерова, А. Н. Чистяков // Оpubл. в БИ. — 2003. — № 12.
23. Пат. 2200844 РФ. Способ разгрузки и дегазации пласта / Н. И. Алыменко, С. С. Андрейко, Ю. П. Бушуев, В. В. Минин, С. Ю. Нестерова, А. Н. Чистяков // Оpubл. в БИ. — 2003. — № 8.
24. Пат. 2199014 РФ. Способ управления газодинамическими процессами в приконтурном массиве горной выработки / Н. И. Алыменко, С. С. Андрейко, Ю. П. Бушуев, В. В. Минин, С. Ю. Нестерова, А. Н. Чистяков // Оpubл. в БИ. — 2003. — № 5.
25. Нестерова С. Ю. Методика проведения исследований безвзрывного способа дегазации при механизированной выемке карналлитового пласта В // Стратегия и процессы освоения георесурсов. — Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. — С. 269–273.
26. Нестерова С. Ю. Оценка эффективности горизонтальной дегазационно-разгрузочной щели для предотвращения газодинамических явлений при механизированной выемке карналлита // Вестн. МГТУ им. Г. И. Носова. — 2008. — № 4(24). — С. 64–67.
27. Нестерова С. Ю. Предотвращение газодинамических явлений при отработке карналлитовых пластов с помощью щелевой разгрузки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Пермь: ГИ УрО РАН, 2010. — 22 с.
28. Нестерова С. Ю. Технология дегазации выбросоопасных пород при механизированной выемке карналлита // Горн. журн. — 2008. — № 8. — С. 47–52.

Поступила в редакцию 4/VIII 2016