

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА ЗОНЫ ЭФФЕКТИВНОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТОРПЕДИРОВАНИИ ПОРОД КАРНАЛЛИТ-ГАЛИТОВОГО СЛОЯ ПЛАСТА КАЛИЙНО- МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА ГРЕМЯЧИНСКОГО ГОКА

Е. А. НЕСТЕРОВ

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Статья посвящена газодинамическим явлениям на Гремячинском месторождении калийно-магниевых солей. Приведены общие данные по расположению и строению месторождения. Представлены результаты работ по изучению газоносности и газодинамических характеристик, слагающих месторождение как показателей выбросоопасности. Приведены случаи газодинамических явлений, отмеченные на месторождении. Рассмотрены условия их проявления и определены общие признаки, позволяющие их классифицировать, как внезапные выбросы породы и газа. На основании имеющегося опыта предотвращения газодинамических явлений при разработке карналлитовых пластов предложена комбайновая проходка подготовительных выработок с предварительной обработкой массива горных пород способом передового торпедирования шпуровыми зарядами. Представлена методика определения радиуса эффективного трещинообразования, которая заключается в сравнении газопроонируемости карналлит-галитовых пород до и после торпедирования массива. Приведены результаты экспериментальных работ по определению радиуса эффективного трещинообразования в породах карналлит-галитового слоя, а также результаты контроля эффективности торпедирования массива по показателю воздухопоглощения. На основе экспериментальных данных определен параметр, определяющий расстояние между шпурами для составления паспортов взрывных работ на торпедировании массива карналлит-галитовых пород.

Ключевые слова: калийный рудник, газодинамическое явление, карналлит-галитовый слой, радиус эффективного трещинообразования, торпедирование массива.

Введение

Гремячинское месторождение калийных солей расположено на территории Котельниковского района Волгоградской области, в 150 км к юго-западу от г. Волгограда, в 20 км к северо-востоку от районного центра г. Котельниково, на левобережной части бассейна нижнего течения р. Дон. В пределах месторождения выделяется один продуктивный сильвинитовый пласт. В общем плане залежь погружается с юго-запада на северо-восток месторождения, абсолютные отметки кровли промышленного сильвинитового пласта изменяются от минус 981,3 м до минус 1191,3 м. Мощность продуктивного сильвинитового пласта изменяется от 2,48 м до 21,46 м. На большей части лицензионного участка составляет 6-10 м. Ниже продуктивного сильвинитового пласта залегает слой карналлит-галитовых пород.

Как известно, карналлитовые породы являются одними из наиболее опасных по внезапным выбросам породы и газа.

Изучение газодинамических характеристик и газоносности по свободным газам, как показателей выбросоопасности карналлит-галитовых пород, показало, что она изменяется от $0,02 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $0,32 \text{ м}^3/\text{м}^3$, при среднем значении $0,17 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Газоносность по свободным газам карналлитовых пород изменяется от $0,15 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $1,16 \text{ м}^3/\text{м}^3$, при среднем значении $0,30 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Компонентный состав свободных газов: CH_4 – 32,31%; H_2 – 4,69%; C_2H_6 – 0,436%; C_3H_8 – 0,020%; iC_4H_{10} – 0,001%; nC_4H_{10} – 0,005%; N_2 – 62,51%; CO_2 и другие газы – 0,02%. Средняя газоносность по условному метану составляет $0,48 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Суммарное содержание горючих газов (метан + водород) составляет 37,01%. Суммарное содержание углеводородов метанового ряда – 0,463%. Газоносность карналлитовых пород пласта калийно-магниевых солей по связанным газам изменяется от 0,011 до $0,072 \text{ м}^3/\text{м}^3$, при среднем значении $0,039 \text{ м}^3/\text{м}^3$. По компонентному составу связанные газы – метаново-азотные. Максимальное содержание метана в составе связанных газов – 24,10%. В составе связанных газов карналлитовых пород также обнаружен водород, максимальное значение которого достигает 0,65%. При этом суммарное содержание углеводородов метанового ряда достигает 0,21%, содержание азота – 74,98%. Следовательно, можно утверждать, что породы карналлит-галитового слоя содержат свободные газы и являются потенциально опасными по выбросам породы и газа.

Согласно технической документации все подготовительные и очистные выработки предусмотрено располагать в пределах продуктивного сильвинитового пласта, однако при проходке большинства подготовительных выработок, в силу природной складчатости, забоями выработок вскрывался слой карналлит-галитовых пород (рис. 1). Проходка выработок осуществляется комбайнами «Урал-20Р».

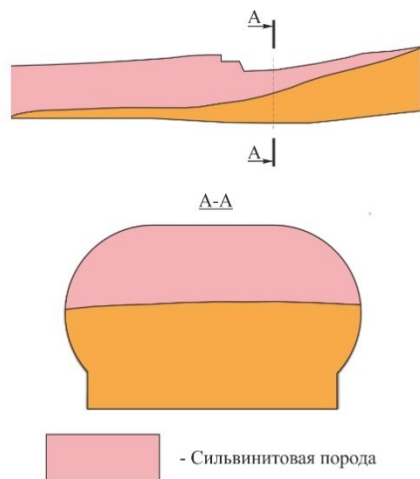


Рис. 1. Геологический разрез по разведочному штреку



Рис. 2. Пустота в стенке разведочного штрека № 2

В последнее время в пределах Гремячинского месторождения стали отмечаться случаи выбросы породы и газа при вскрытии пород карналлит-галитового слоя (рис.2). Природа выбросов соли и газа при проходке горных выработок по породам карналлит-галитового слоя обусловлена наличием локальных газонасыщенных зон, формирование которых происходило, по-видимому, при эпигенетических (вторичных) процессах, обусловленных складкообразованием и миграцией газонасыщенных водных растворов, которая сопровождалась аккумуляцией газов на локальных участках пород с пониженной прочностью.

Согласно пункту 1.2.16. «Специальных мероприятий по безопасному ведению горных работ в условиях газового режима на Гремячинском месторождении калийных солей» все рабочие зоны, выработки которых частично или полностью проходятся по карналлит-галитовому слою пласта калийно-магниевых солей, относятся к 3 группе опасности.

Проходка выработок по карналлит-галитовому слою должна осуществляться в соответствии с требованиями нормативной документации по безопасному ведению горных работ - «Технологического регламента по механизированной проходке горных выработок по карналлит-галитовому слою пласта калийно-магниевых солей в условиях рудника Гремячинского горно-обогатительного комбината».

Технологическим регламент предусматривает передовое торпедирование (профилактическая обработка) массива карналлит-галитовых пород. В связи с этим экспериментальными работами необходимо определить расстояние вокруг шпура, на которое распространяются трещины (радиус эффективного трещинообразования).

Методика определения радиуса эффективного трещинообразования

В настоящее время торпедирование карналлитовых пород для предотвращения внезапных выбросов зарекомендовало себя весьма эффективным способом на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей [1-4]. Методика определения радиуса зоны эффективного трещинообразования $R_{эф}$ заключается в сравнении газопроницаемости карналлит-галитовых пород до и после торпедирования [5-8].

Для определения газопроницаемости карналлита в массиве в исследуемой зоне бурят два параллельных шпура: рабочий 1 и контрольный 2 на расстоянии 25 см друг от друга (рис. 3). Длина шпуров должна быть такой, чтобы исключалось влияние горных работ на состояние пород и составляла бы не менее 2,5 м. Шпуры герметизируются механическими (или другими) герметизаторами 3 на глубину не менее 1,5 м. Герметизаторы должны обеспечивать надежную герметизацию шпуров. Длина газовой камеры 9 должна составлять 0,3-0,5 м, длина участка герметизации - не менее 0,3 м.

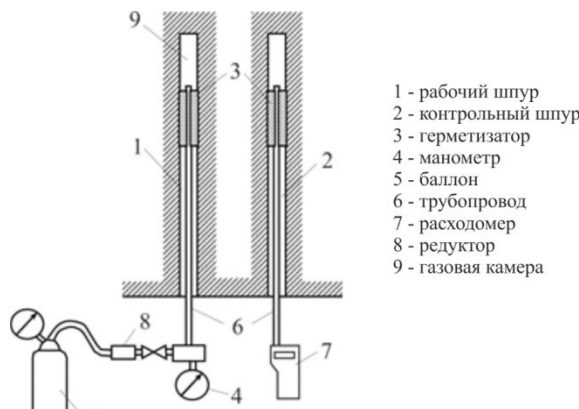


Рис. 3. Схема к определению коэффициента газопроницаемости

К герметизатору рабочего шпура присоединяется манометр для определения давления газа в газовой камере. Газ под давлением 0,5-1,5 МПа подается в шпур по трубопроводу. К штуцеру герметизатора контрольного шпура присоединяется расходомер (газовый счетчик). После подачи в рабочий шпур газа при определенном давлении измеряют расход газа из контрольной скважины. Таких измерений делают не менее 3-х при разном давлении в рабочем шпуре.

Коэффициент газопроницаемости определяется по формуле:

$$K = \frac{4 \times g \times R \times P_{\text{ат}}}{3,3 \times 10^{-3} \times (P_0^2 - P_{\text{ат}}^2)}, \text{ мД} \quad (1)$$

где g – объёмный расход газа, м³/сутки; R – расстояние между стенками рабочего и контрольного шпуров, принимается равным 0,25 м; $P_{\text{ат}}$ – атмосферное давление, кгс/см²; P_0 – давление газа в рабочем шпуре, кгс/см².

Коэффициент газопроницаемости пласта до торпедирования определяется как среднее арифметическое не менее чем из 3-х измерений.

Перед выполнением измерений определяется возможная фильтрация природного газа (фоновая) в контрольный шпур из массива. В этом случае, истинный объёмный расход рабочего газа через контрольный шпур равен разности значений объёмного расхода газа из шпура, замеренного в процессе измерений, и фонового расхода.

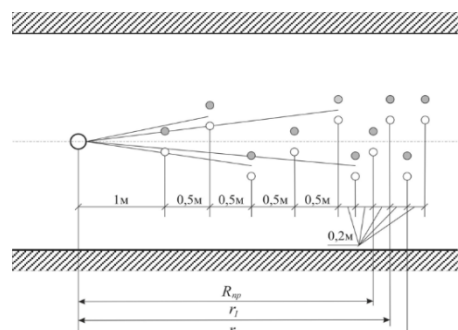


Рис. 4. Схема к определению коэффициента газопроницаемости после торпедирования

Определение коэффициента газопроницаемости после торпедирования заключается в следующем (рисунок 4).

В массиве бурят шпур (скважину) нужного диаметра глубиной не менее трех метров и производят его торпедирование. Затем, отступив от шпура (скважины) на один метр бурят рабочий и контрольный шпуры для определения газопроницаемости с интервалом, начиная от 0,5 м до 0,2 м на границе зоны приближенного радиуса трещинообразования $R_{\text{тр}}$, который определяется как $R_{\text{тр}} = 35 \times r_3$, где r_3 – радиус заряда ВВ в шпуре (скважине).

Располагать шпуры следует по разным лучам радиуса как показано на рисунке 2. Бурение шпуров должно производиться с помощью приспособлений, обеспечивающих параллельность рабочего и контрольного шпуров. Расстояние между парами шпуров не должно быть менее 0,5 м.

За радиус зоны эффективного трещинообразования принимается средний радиус между предыдущим и последующим, где газопроницаемость близка к коэффициенту газопроницаемости до торпедирования, умноженным на коэффициент запаса, т.е.

$$R_{\text{эф}} = K \times \frac{r_1 + r_2}{2}, \quad (2)$$

где K – коэффициент запаса, $K = 0,9$.

Одновременно с определением радиуса зоны эффективного трещинообразования проводится контроль эффективности торпедирования массива. После нагнетания в контрольный шпур газа под давлением 0,5–1,5 МПа (5–15 атм.), подачу газа прекрывают и секундомером засекают время падения давления в шпуре. Суммируя объем измерительной камеры в шпуре (0,75 л), герметизатора и трубопровода (0,25 л) с учетом установленного давления определяется объем закаченного газа. Отношение общего объема сжатого газа к времени падения давления в шпуре является показателем воздухопоглощения пород исследуемого массива.

Результаты экспериментального определения радиуса зоны эффективного трещинообразования

Для определения газопроницаемости карналлит-галитовых пород в массиве в правой стенке вспомогательного транспортного уклона № 2 шахтного поля рудника Гремячинского ГОКа на глубину 3,0 м пробурены два параллельных шпура: рабочий и контрольный на расстоянии 25 см друг от друга. Шпуры герметизировались механическими герметизаторами на глубину не менее 1,5 м. К герметизатору рабочего шпура присоединялся манометр для определения давления газа в газовой камере. Газ под давлением 5–15 атм подавался в шпур по трубопроводу. К штуцеру герметизатора контрольного шпура присоединялся расходомер (DPI 740). После подачи в рабочий шпур газа при определенном давлении измерялся расход газа из контрольного шпура. Таких измерений проведено 3 при давлении в рабочем шпуре 10 атм.

В левой стенке вспомогательного транспортного уклона № 2 на расстоянии 10 м друг от друга пробурены 3 торпедируемых шпура диаметром 42 мм глубиной 4 м, масса заряда Угленита Э-6 2,4 кг в каждом шпуре. По представленной выше методике на различном расстоянии от торпедируемого шпура бурились рабочий и контрольный шпуры. В рабочий шпур подавался газ под давлением, в контрольном шпуре определялся расход. Результаты исследований по определению радиуса зоны эффективного трещинообразования представлены в таблице 1.

В тех же рабочих шпурах проводился контроль эффективности торпедирования массива. Результаты проведенных исследований по оценке эффективности торпедирования массива представлены в таблице 2.

Таблица 1

Результаты исследований газопроницаемости пород

Расстояние от торпедируемого шпура, м	Давление сжатого воздуха в рабочем шпуре, кгс/см ²	Объемный расход газа, см ³ /сек	Коэффициент газопроницаемости, мДарси
в массиве до торпедирования			
	10	0,0072	0,002212
	10	0,0064	0,001959
	10	0,0314	0,009622
после торпедирования			
0,8	10	0,3092	0,09464
1,0	10	0,4066	0,12447
1,2	2	6,1227	61,84579
1,3	10	5,4800	1,67738
1,4	2	5,4691	55,24353
1,5	10	0,0841	0,02574
1,6	10	0,0314	0,00962
1,8	10	0,2363	0,07232

Таким образом, коэффициент газопроницаемости в массиве до торпедирования равен:

$$K = (2,212 + 1,959 + 9,622) \times 10^{-3} / 3 = 4,05 \times 10^{-3} \text{ мДарси}$$

Радиус зоны эффективного трещинообразования:

$$R_{эф} = 0,9 * (1,5 + 1,8) / 2 = 1,485 \text{ м}$$

Таблица 2

Результаты исследований воздухопоглощения

Расстояние от торпедируемого шпура, м	Изменение объема, л	Время, мин	Показатель воздухопоглощения, л/мин	Среднее значения показателя, л/мин
до торпедирования				
	0,5	25	0,020	0,03
	1	22	0,045	
	0,5	20	0,025	
после торпедирования				
0,8	4	14	0,286	2,76
1,0	4	12	0,333	
1,2	2	0,1	20,000	
1,3	3	9,5	0,316	
1,4	2	2	1,000	
1,5	0,5	20	0,025	
1,6	0,5	23	0,022	
1,8	2	20	0,100	

Таким образом, соотношение средних показателей воздухопоглощения до и после торпедирования составляет:

$$K_{эф} = 2,76 / 0,03 = 91,54 > 1,5.$$

Как видно из таблицы 2, коэффициент воздухопоглощения в контрольном шпуре на расстоянии 1,5 м от торпедируемого шпура имеет значение близкое к среднему значению коэффициента воздухопоглощения в нетронутым массиве. Следовательно, максимальный радиус трещинообразования не превышает 1,5 м.

Заключение

В результате проведения шахтных экспериментальных исследований по определению радиуса зоны эффективного трещинообразования по карналлит-галитовому слою пласта калийно-магниевых солей получены следующие результаты:

2. Установлено, что по коэффициенту воздухопоглощения пород максимальный радиус эффективного трещинообразования для карналлит-галитовых пород не превышает 1,5 м.

3. При расчетах параметров торпедирования для безопасной проходки выработок комбайновым способом по карналлит-галитовым породам в условиях шахтного поля Гремячинского ГОКа величину радиуса эффективного трещинообразования вокруг шпурового заряда и использовании в качестве ВВ «Угленита Э-6» следует принимать не более 1,5 м.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00371 а «Газодинамические явления на калийных рудниках: внезапные разрушения кровли и почвы выработок»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: методы прогнозирования и способы предотвращения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во. ПГТУ, 2007. – 208 с.
2. Нестерова С.Ю. Технология дегазации выбросоопасных пород при механизированной выемке карналлита // Изв. вузов. Горн. журн. – 2008. – № 8. – С. 47-52.
3. Технологический регламент механизированной отработки карналлитового пласта В на руднике СКРУ-1 ПАО «Уралкалий»: утв. ПАО «Уралкалий». – Пермь; Березники, 2018. – 48 с.
4. Нестерова С.Ю., Андрейко С.С. Технология дегазации выбросоопасного массива при механизированной добыче карналлита // Естественные и технические науки. – 2017. – № 2. – С. 64-67.
5. Механический эффект подземного взрыва / под общ. ред. М.А. Садовского. – М.: Недра. – 1971. – 224 с.: ил.
6. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. – М.: Недра, 1986. – 301 с.: ил.
7. Адушкин В.В., Спивак А.А. Геомеханика крупномасштабных взрывов. – М.: Недра.–1993.–318 с.: ил.
8. Мальцев В.М. Расчет радиуса зоны трещинообразования одиночного удлиненного заряда ВВ // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2009 г. – Пермь, 2010. – С. 220-222.

УДК 622.8; 635.21; 628.8

DOI:10.7242/echo.2019.3.25

ПОВЫШЕНИЕ СОХРАННОСТИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ХРАНЕНИИ В АТМОСФЕРЕ, ФОРМИРУЕМОЙ ПРИ ПОМОЩИ ПРИРОДНЫХ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Г.З. ФАЙНБУРГ, А.Г. ИСАЕВИЧ

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Представлены результаты экспериментальных исследований 1990-1991 гг. по использованию калийной соли для специальной обработки воздуха и поддержания требуемых параметров микроклимата в поверхностном хранилище картофеля. Получено, что сохраняемость картофеля возросла почти в полтора раза, снизились потери и заболеваемость картофеля.

Ключевые слова: калийная соль, аэроионы, хранение картофеля.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционное использование калийных солей (KCl - хлорида калия) в качестве сырья для производства минеральных удобрений общеизвестно. Традиционное использование каменной (поваренной) соли (NaCl - хлорида натрия) в пищевых целях также известно всем. Также оба соединения широко используют как исходное сырье для химической промышленности.

В настоящее время все более необходимым становится комплексное использование и основных месторождений, и добываемых руд, и собственно калийно-магниевых солей. Необходимо, среди прочего, отказаться от сложившегося экстенсивного пути развития производства калийных удобрений, качественно изменить формы, методы и объемы традиционной горнодобывающей деятельности, шире использовать весь спектр уникальных свойств калийных солей.

Благотворное действие калия на живой организм хорошо известно, и именно поэтому его используют как удобрение.

Известны и бактерицидные свойства растворов хлоридов натрия (используется для хранения соленых продуктов) и калия, например, в сильвинитовых спелеокамерах [1-5].

Заметим, что бактерицидная способность калийной соли выражена сильнее, чем у натриевой из-за большей химической активности калия по сравнению с натрием. Кроме того, наличие в калийных солях кроме основного элемента ^{39}K природного радиоактивного изотопа ^{40}K создает естественную ионизацию среды также неблагоприятную для бактерий. Все это дает основания для широкого использования калийных солей как естественных антисептиков и очистителей воздуха при хранении картофеля.