

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ГАЗОНОСНОСТИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД НА ВОВЛЕКАЕМЫХ В ОТРАБОТКУ НОВЫХ УЧАСТКАХ ШАХТНОГО ПОЛЯ РУДНИКА ООО «ЕВРОХИМ-УСОЛЬСКИЙ КАЛИЙНЫЙ КОМБИНАТ»

Д.А. БОБРОВ

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Проведены шахтные экспериментальные работы по определению газоносности продуктивных пластов и вмещающих пород, а также компонентного состава свободных газов на 1 юго-восточной панели, 2 северо-западной и 2 юго-западной панелях рудника. Выполнены анализ и обобщение результатов исследований газоносности продуктивных пластов и вмещающих пород на новых участках шахтных полей рудников ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат». В ходе исследований по существующей методике выполнялись замеры объема свободных газов, выделившихся из загерметизированных шпуров и начального давления газов в загерметизированной части шпура, установившегося за 30 сек. Отобраны пробы выделившихся свободных газов. Химический анализ состава свободных газов проводился на газовых хроматографах.

Ключевые слова: газоносность, газодинамические характеристики, сильвинитовые пласты, свободные газы, компонентный состав, начальное газовое давление, начальная скорость, газовыделения.

Введение

В процессе проведения подготовительных и очистных работ на руднике с начала эксплуатации было зафиксировано 8 газодинамических явлений в виде выбросов соли и газа, обрушений из кровли горных выработок. Интенсивность их составила от 0,45 до 19,9 тонн. ГДЯ происходили на пласте Кр2, все из кровли выработки. По данным регионального прогноза все промышленные пласты (АБ; КрII и КрIII) отнесены к опасным по газу и ГДЯ.

Хотелось бы отметить, что это новый рудник со своими геологическими условиями и обстановка пока неизвестна.

Исследования газоносности продуктивных пластов и вмещающих пород проводились в соответствии с требованиями п.2.11 раздела 2 «Специальных мероприятий по безопасному ведению горных работ на руднике ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» в условиях газового режима. В процессе проведения исследований выполнены шахтные экспериментальные работы по количественной оценке газоносности соляных пород продуктивных пластов и вмещающих пород по свободным газам в районе 2 западного блока, 2 и 3 восточных блоков 1 юго-восточной панели; 4 западного блока 2 юго-западной панели; 1 и 2 западных блоков, а также 2 восточного блока 2 северо-западной панели.

Количественные данные о газоносности продуктивных пластов и вмещающих пород используются при разработке и корректировке методики прогноза зон, опасных по ГДЯ. Газовый каротаж пород кровли и почвы горных выработок, пройденных в продуктивных пластах, позволяет уточнить положение приконтактных газовых скоплений и мощность защитной пачки на новых участках шахтных полей калийных рудников и обосновано проводить корректировку параметров дегазационного бурения. Кроме этого результаты выполненных исследований будут использоваться при оценке газовой опасности продуктивных пластов на шахтных полях рудников ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат».

Методика

Методика проведения экспериментальных исследований включает: определение газоносности пород по свободным газам и определение компонентного состава. Методика исследований реализовывалась путем шахтных инструментальных наблюдений за газовыделениями из шпуров диаметром 42 мм, пробуренных в горных выработках с одновременным отбором проб свободного газа [1-10].

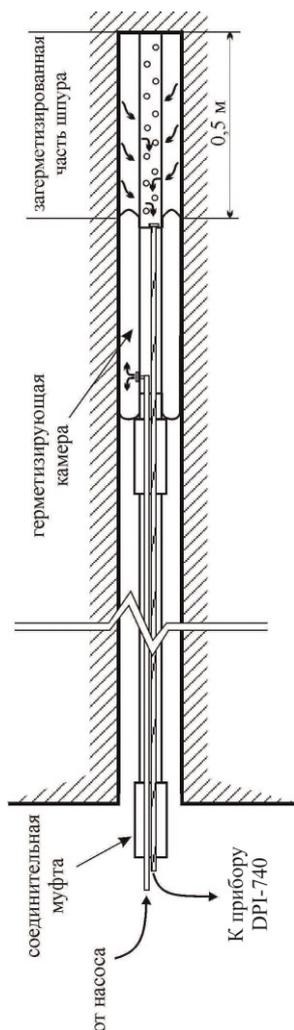


Рис. 1. Схема расположения герметизатора в шпуре при измерении газоносности пород

Шпуры бурятся поинтервально и сразу герметизируются на расстоянии 0,5 м от забоя скважины с помощью герметизатора. Газ, выделяющийся со стенок и забоя загерметизированной части шпура поступает в газоотводящий штуцер, к которому подключается прецизионный портативный цифровой манометр DPI-740, предназначенный для работы в лабораторных и «полевых» условиях. Высокие точность и временная стабильность прибора позволяют, при необходимости, использовать его в качестве образцового барометра или индикатора абсолютного давления. Диапазоны измерений: – атмосферного давления: от 0,75 до 1,15 бар.; – абсолютного давления: от 0,035 до 1,3; 2,6; 3,5 бар.; точность: $\pm 0,02\%$ ВПИ; предельно допустимое давление: 4 бар. С помощью DPI-740 определяется начальная скорость газовыделения в скважине по давлению, создаваемому газом, проходящим через откалиброванное отверстие капилляра, а также определяется приращение давления газов в скважине в течение 30 секунд после ее герметизации, т.е. начальное газовое давление. По этой величине с помощью заранее построенных графиков зависимости $X = f(P_0)$, где X – газоносность пород, м³/м³; P_0 – величина начального газового давления, определяются показатели газоносности.

Функция зависимости газоносности пород по свободным газам от величины начального газового давления имеет следующий вид:

$$X = (4,4 + 12,9 \cdot P_0) / 71,94 \cdot P_0^{0,16}. \quad (1)$$

Давление газа в массиве пород кровли рассчитывалось по известной формуле Л.С. Лейбензона:

$$P_0 = P_2 / \left(\frac{2}{\mu + 1} \right)^{\frac{\mu}{\mu - 1}}, \quad (2)$$

где P_2 – измеренное начальное газовое давление в загерметизированной части скважины, МПа; μ – показатель адиабаты для смеси газов, выделяющихся при ГДЯ ($\mu = 1,4$).

Давление газа в массиве рассчитывалось для каждого интервала по длине скважины или шпура в каждом конкретном случае (отдельном шпуре).

Прибором DPI-740 замеряется скорость истечения газов из шпуров, секундомером фиксируется время изменения скорости. Полученный объем выделившихся из шпура газов соотносится к объему зоны дренирования вокруг шпура.

Для определения компонентного состава выделяющегося газа параллельно производится отбор проб. Анализ компонентного состава свободных газов проводится на газовых хроматографах.

Конструкция и схема расположения герметизатора в шпуре представлена на рисунке 1. Герметизатор выполнен из двух полимерных труб длиной 0,5 м, соединяемых между собой муфтами, и пластиковой складной линейки длиной 3,5 м, что позволяет изменять его длину и производить замер газоносности практически на глубинах шпуров до 4,5 м. К трубкам подсоединяются два шланга.

Один предназначен для подачи воздуха в герметизирующую часть затвора, другой – для отвода газов, выделившихся из загерметизированной части шпура, к прибору DPI-740.

Герметизирующая часть состоит из специальной камеры, в которую при помощи насоса через клапан подается воздух, что позволяет загерметизировать шпур. Герметизатор такой конструкции удобен в эксплуатации, имеет меньшие габариты, малый вес,

позволяет оперативно и качественно проводить замеры газов в шпурах, пробуренных под различными углами и разного диаметра.

При изучении газоносности пород для определения компонентного состава выделенных газов применен следующий способ отбора проб. Пластиковый шприц (150 мл.) с резиновой трубкой наполняется необходимым объемом газа. Резиновая трубка пережимается зажимами.

Анализ компонентного состава свободных и связанных газов, отобранных из соляных пород, проводится в соответствии с ГОСТ 23781-87 «Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава». Для проведения анализа компонентного состава газов используются современные газовые хроматографы 450-GC компании «Varian, Inc».

Результаты

В процессе проведения научно-исследовательских работ по оценке газоносности и газодинамических характеристик продуктивных пластов, и вмещающих пород на вовлекаемых в отработку новых участках шахтного поля рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» исследовано 3 панели выполнены анализ и обобщение результатов исследований газоносности продуктивных пластов и вмещающих пород и получены следующие результаты.

Газоносность сильвинитовых пород пласта КрII во 2 западном блоке на 1 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 0,20 м³/м³ при среднем значении 0,15 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,191 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 0,31 л/мин. (Рис. 2г)

Газоносность пород кровли пласта КрII во 2 восточном блоке на 1 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 1,93 м³/м³ при среднем значении 0,80 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,221 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 2,55 л/мин. (Рис.2б)

Газоносность пород кровли пласта КрII в 3 восточном блоке на 1 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 1,29 м³/м³. При этом соляные породы пласта КрII имеют следующие газодинамические характеристики: величина газового давления составляет 0,209 МПа, начальная скорость газовой выделенной – 2,26 л/мин. (Рис. 2в)

Газоносность пород кровли пласта КрIII во 2 западном блоке на 1 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 0,89 м³/м³ при среднем значении 0,51 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,202 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 0,63 л/мин. (Рис. 2а)

Газоносность пород кровли пласта КрIII в 3 восточном блоке на 1 юго-восточной панели не превышает 0,05 м³/м³, давление свободных газов составило 0,190 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 0,01 л/мин.

Газоносность пород кровли пласта КрII в 4 западном блоке на 2 северо-западной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 0,38 м³/м³ при среднем значении 0,25 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,194 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 0,69 л/мин. (Рис. 3а)

Газоносность пород кровли пласта КрIII в 4 западном блоке на 2 юго-западной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 3,16 м³/м³ при среднем значении 1,85 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,247 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 0,66 л/мин. (Рис. 3б)

Газоносность пород пласта КрIII в 4 западном блоке на 2 юго-западной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 0,12 м³/м³ при среднем значении 0,09 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,190 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 0,37 л/мин.

Газоносность пород кровли пласта КрII в 1 западном блоке на 2 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 1,03 м³/м³ при среднем значении 0,57 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,204 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 0,69 л/мин.

Газоносность пород кровли пласта КрII во 2 западном блоке на 2 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 1,06 м³/м³ при среднем значении 0,84 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,205 МПа, а начальная скорость газовой выделенной 1,07 л/мин.

Газоносность пород кровли пласта КрII в 2 восточном блоке на 2 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 2,15 м³/м³ при среднем значении 1,20 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,226 МПа, а начальная скорость газовыделения 1,62 л/мин.

Газоносность пород пласта КрII во 2 восточном блоке на 2 юго-восточной панели изменяется от 0,05 м³/м³ до 0,67 м³/м³ при среднем значении 0,47 м³/м³. Давление свободных газов составило 0,198 МПа, а начальная скорость газовыделения 0,41 л/мин.

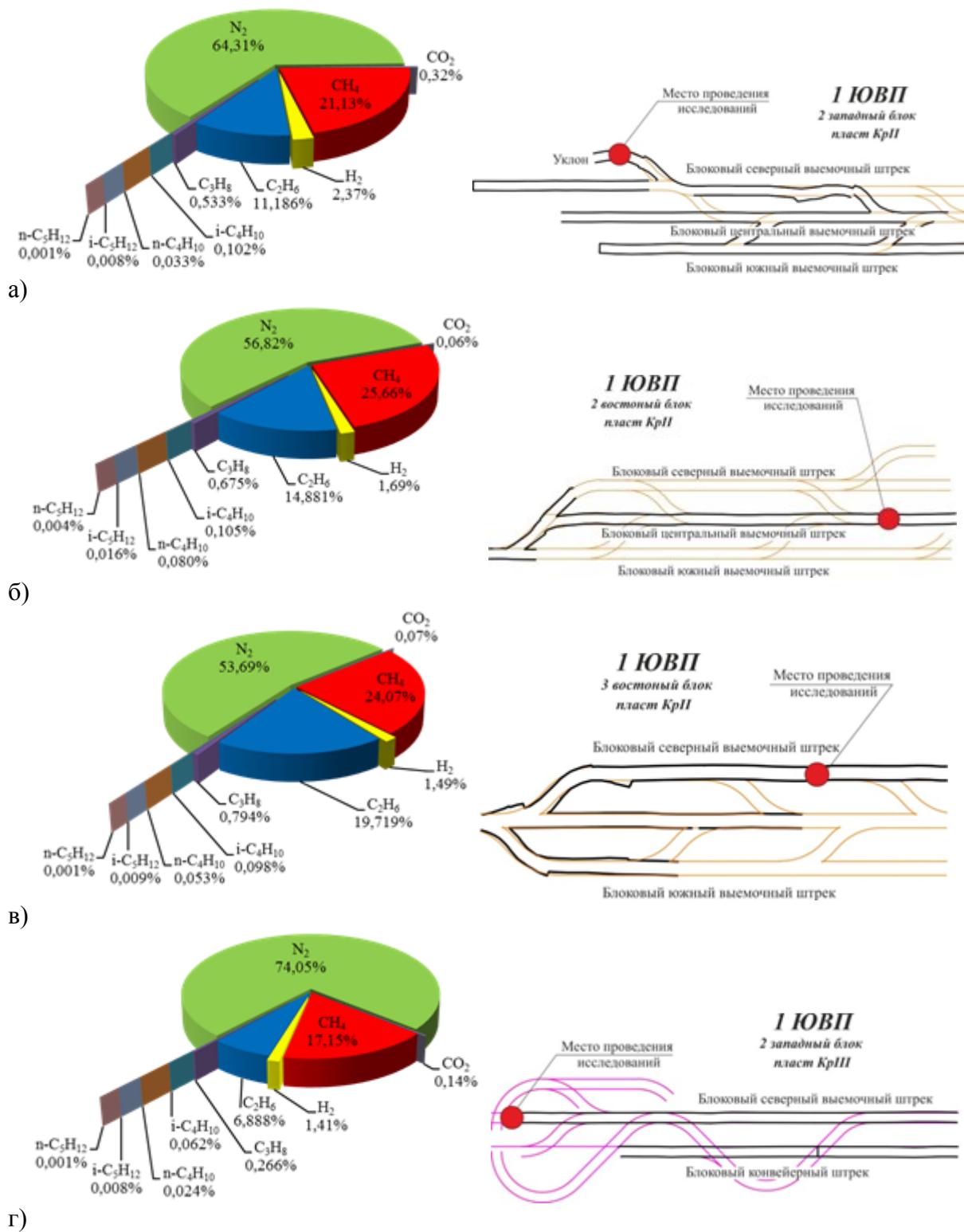


Рис. 2. Компонентный состав свободных газов и выкопировка из плана горных работ 1 юго-восточной панели пластов Кр. II и Кр. III

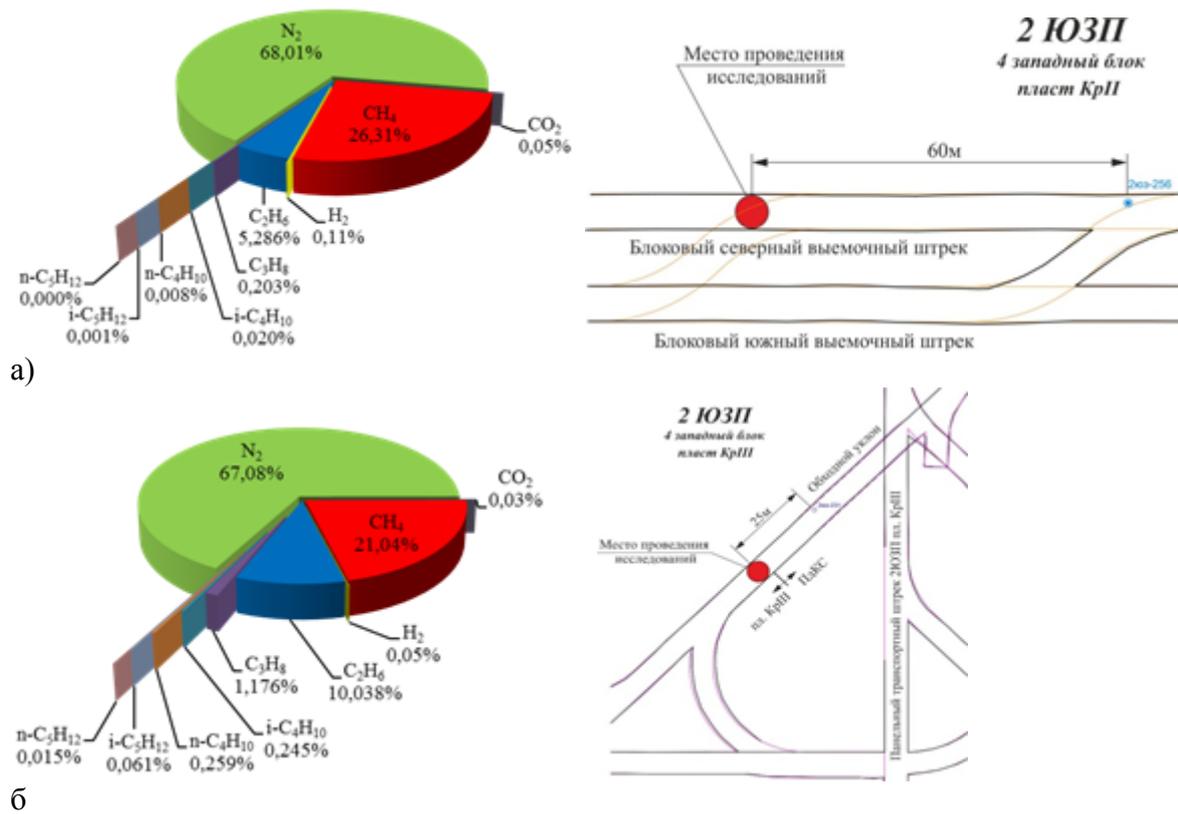


Рис. 3. Компонентный состав свободных газов и выкопировка из плана горных работ 2 юго-восточной панели пластов Кр.II и Кр.III.

Сводные данные о результатах проведенных исследований по определению газоносности и газодинамических характеристик соляных пород в пределах шахтного поля рудника представлены в таблице 1

Таблица 1

Газоносность по свободным газам и газодинамические характеристики соляных пород

Панель	Блок	Пласт	Место	Газоносность q , м ³ /м ³			Начальное давление, МПа	Начальная скорость газовыделения, л/мин
				min	max	$q_{\text{среднее}}$		
1 ЮВП	2 зап.	КрII	Кровля	0,05	0,2	0,15	0,191	0,31
	2 вост.	КрII	Кровля	0,05	1,93	0,8	0,221	2,55
	3 вост.	КрII	Кровля	0,05	1,29	0,72	0,209	2,26
	2 зап.	КрIII	Кровля	0,05	0,89	0,51	0,202	0,63
			Кровля	0,05	0,05	0,05	0,190	0,01
2 ЮЗП	4 зап.	КрII	Кровля	0,05	0,38	0,25	0,194	0,69
		КрIII	Кровля	0,05	3,16	1,85	0,247	0,66
			Стенка	0,05	0,12	0,09	0,190	0,37
2 СЗП	1 зап.	КрII	Кровля	0,05	1,03	0,57	0,204	0,69
	2 зап.		Кровля	0,05	1,06	0,84	0,205	1,07
	2 вост.		Кровля	0,05	2,15	1,2	0,226	1,62
			Стенка	0,05	0,67	0,47	0,198	0,41

Выводы

Установлено, что на вовлекаемых в отработку новых участках шахтного поля рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» соляные породы кровли, а также породы продуктивных пластов КрII и КрIII являются газоносными.

Максимальное значение газоносности по свободным газам в породах кровли пласта КрII зафиксировано в 2 восточного блока 2 северо-западной панели и составляет 2,15 м³/м³. Максимальное начальное давление свободных газов в кровле, а так же максимальная начальная скорость газовой выделении при этом составили 0,266 МПа и 1,62 л/мин соответственно.

Максимальное значение газоносности по свободным газам в породах кровли пласта КрIII зафиксировано в 4 западного блока 2 юго-западной панели и составляет 3,16 м³/м³. Максимальное начальное давление свободных газов в массиве, а так же максимальная начальная скорость газовой выделении при этом составили 0,247 МПа и 0,66 л/мин соответственно.

Компонентный состав свободных газов в породах продуктивных пластов КрII и КрIII, а также в породах кровли на исследованных участках шахтного поля рудника – метаново-азотный. Содержание метана изменяется от 17,15 до 27,44%; содержание водорода – от 0 до 2,34%; суммарное содержание тяжелых углеводородов – от 3,05 до 20,67%; содержание азота – от 53,7 до 74,05%. Газоносность пород по условному метану изменяется от 0,05 до 0,38 м³/м³. Следует выделить особенность компонентного состава свободных газов в условиях рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» – повышенное содержание в составе свободных газов тяжелых углеводородов (C₂H₆; C₃H₈; iC₄H₁₀; nC₄H₁₀; iC₅H₁₂; nC₅H₁₂), содержание которых достигает 20,67% по объему, что существенно снижает нижний предел взрывчатости таких многокомпонентных аэрогазовых смесей.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (проект № 18-05-371А)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медведев И.И., Полянина Г.Д. Газовыделения на калийных рудниках. – М.: Недра, 1974. – 163 с.
2. Земсков А.Н., Кондрашев П.И., Травникова Л.Г. Природные газы калийных месторождений и меры борьбы с ними. – Пермь: Тип. Купца Тарасова, 2008. – 412 с.: ил., табл.
3. 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. – Пермь: изд-во ПНИПУ, 2015. – 159 с.
4. Проскуряков Н.М. Внезапные выбросы породы и газа в калийных рудниках. – М.: Недра, 1980. – 264 с.
5. Ковалев О.В., Ливенский В.С., Былино Л.В. Особенности безопасной разработки калийных месторождений. – Минск: Польша, 1982. – 96 с.: ил.
6. Проскуряков Н.М. Управление состоянием массива горных пород. – М.: Недра, 1991. – 368 с.
7. Проскуряков Н.М., Ковалев О.В., Мещеряков В.В. Управление газодинамическими процессами в пластах калийных руд. – М.: Недра. – 1988. – 239 с.
8. Лаптев Б.В. Предотвращение газодинамических явлений в калийных рудниках. – М.: Недра, 1994. – 142 с.: ил.
9. Андрейко С.С., Калугин П.А., Щерба В.Я. Газодинамические явления в калийных рудниках: Генезис, прогноз и управление / под. ред. В.Я. Прушака. – Минск: Выш. шк., 2000. – 335 с.: ил.
10. Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: методы прогнозирования и способы предотвращения: учеб. пособие / С.С. Андрейко. – Пермь: Изд-во. ПГТУ, 2007. – 208 с.