

17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»: утв. 08.12.2020, № 505, действуют с 01.01.2021 г. – М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем пром. безопасности, 2021. – 520 с. – (Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр: сер. 03, вып. 78)
18. Иванов О.В. Методика, оборудование и результаты исследований по изучению газоносности продуктивных пластов на вновь вводимых в эксплуатацию участках шахтных полей калийных рудников // Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2000 г. – Пермь, 2001. – С. 88-91.

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2022.2.21

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОНОСНОСТИ
ПО СВОБОДНЫМ ГАЗАМ ПОРОД ПЛАСТА КрII И ЕГО КРОВЛИ
НА ШАХТНОМ ПОЛЕ РУДНИКА
ООО «ЕВРОХИМ-УСОЛЬСКИЙ КАЛИЙНЫЙ КОМБИНАТ»**

А.С. Папулов

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация. В статье представлены результаты исследования газоносности пород пласта КрII и его кровли по свободным газам на руднике ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат». В ходе шахтных экспериментальных исследований по существующей методике выполнялись замеры объема свободных газов, выделившихся из загерметизированных шпуров, и начального давления газов в загерметизированной части шпуров, пробуренных в кровлю пласта КрII и в пласт КрII. Отбирались пробы выделившихся свободных газов. Полученные результаты позволяют оценить газоносность пород кровли пласта КрII и пласта КрII по свободным газам и спрогнозировать газодинамическую опасность при разработке.

Ключевые слова: газоносность, свободные газы, сильвинитовые пласты, компонентный состав, Верхнекамское месторождение.

Введение

Газодинамические явления, представляющие собой внезапные выбросы соли и газа и отжимы призабойной части пород, а также обрушения пород кровли, являются фактором риска при проходке горных выработок, угрожая жизни шахтеров и вызывая разрушения элементов добычных комбайнов [1-3]. В настоящее время на шахтном поле рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» ведется отработка сильвинитового пласта КрII. При введении очистных работ возможно обрушение пород кровли, связанное со значительным содержанием нерастворимого остатка в вышележащих породах, которое приводит к расслоению пород по галопелитовым прослойкам и скоплению газа в формирующихся при ведении горных работ расслоениях пород кровли подготовительных выработок и очистных камер [4,5, 8-11]. Существенное снижение рисков при ведении горных работ достигается за счет использования полученных в ходе проведенных исследований количественных данных и их применении при прогнозировании зон, опасных по газодинамическим явлениям.

Методика проведения исследований

Изучение газоносности пород пласта КрII и пород кровли оценивалась как на качественном, так и на количественном уровне [6,7,12]. Шпуры бурятся в кровлю на глубину до 3,0 м с интервалом исследования 1,0 м и сразу же герметизируются. Газ, выделяющийся из загерметизированной части, поступает по шлангу к цифро-

вому манометру DPI-740, который фиксирует давление, создаваемое этим газом, и затем происходит отбор проб в пластиковый шприц. Последующий анализ газа проводится на газовом хроматографе. Всего пробурено свыше 50 исследовательских шпуров в кровлю пласта КрII и 13 шпуров в пласт КрII в очистных и разрезных камерах на панельных и выемочных штреках рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат».

Результаты исследований

В результате проведенных исследований выявлено, что газоносность сильвинитовых пород пласта КрII изменяется от 0,05 до 1,0 м³/м³ со средним значением, равным 0,27 м³/м³. Максимальное значение газоносности зафиксировано на 2 юго-западной панели. Газоносность пород кровли пласта КрII изменяется от 0,05 до 1,76 м³/м³ со средним значением равным 0,41 м³/м³. Газоносность пород кровли пласта КрII южных панелей изменяется от 0,05 до 1,76 со средним значением 0,44 м³/м³. Газоносность пород кровли пласта КрII северных панелей изменяется от 0,05 до 1,2 м³/м³ при среднем значении равным 0,37 м³/м³.

При исследовании пород кровли КрII на 2 северо-восточной панели зафиксировано газовыделение со скоростью свыше 5 л/мин. Результаты исследований средней газоносности пород кровли пласта КрII представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средняя газоносность пород пласта КрII и его кровли

Панель	Средняя газоносность пород пласта КрII, м ³ /м ³	Средняя газоносность пород кровли пласта КрII, м ³ /м ³
1 юго-восточная	–	0,31
1 юго-западная	0,14	0,23
2 юго-восточная	0,1	0,51
2 юго-западная	0,32	0,29
2 северо-восточная	0,12	0,1
2 северо-западная	0,31	0,58
3 юго-западная	0,1	0,35

Компонентный состав свободных газов как в породах кровли пласта КрII, так и в породах пласта КрII на исследованных участках шахтного поля рудника – метаново-азотный.

Содержание метана в породах пласта КрII по шахтному полю изменяется от 19,1 до 35,2%; содержание водорода – от 0,001 до 0,37%; суммарное содержание тяжелых углеводородных газов – от 5,839 до 14,208%; содержание азота – от 56,41 до 71,48%. Диаграмма компонентного состава свободных газов в породах пласта КрII в районе 2 северо-восточной панели представлена на рисунке 1.

Содержание метана в породах кровли южных панелей изменяется от 21,13 до 40,73%; содержание водорода – от 0,001 до 3,97%; суммарное содержание тяжелых углеводородных газов – от 3,046 до 15,427%; содержание азота – от 45,99 до 71,66%. Диаграмма компонентного состава свободных газов в породах кровли пласта КрII в районе 3 юго-западной панели представлена на рисунке 2.

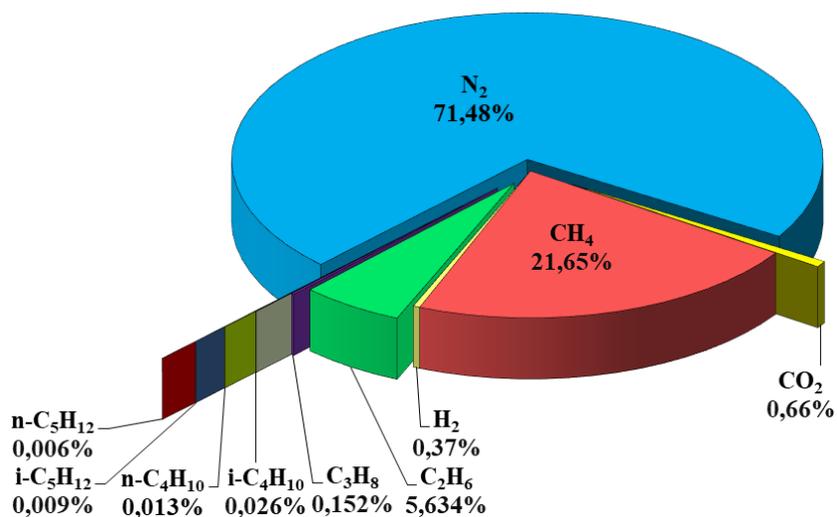


Рис. 1. Компонентный состав свободных газов в породах пласта КрII в районе 2 северо-восточной панели

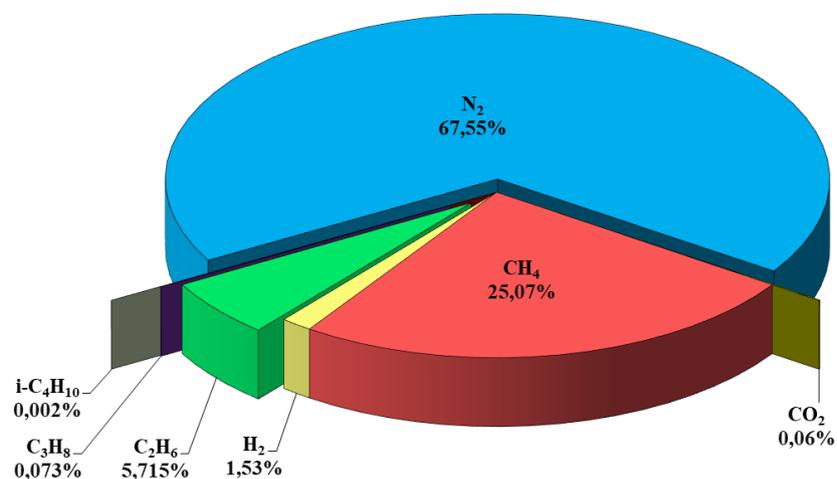


Рис. 2. Компонентный состав свободных газов в породах кровли пласта КрII в районе 3 юго-западной панели

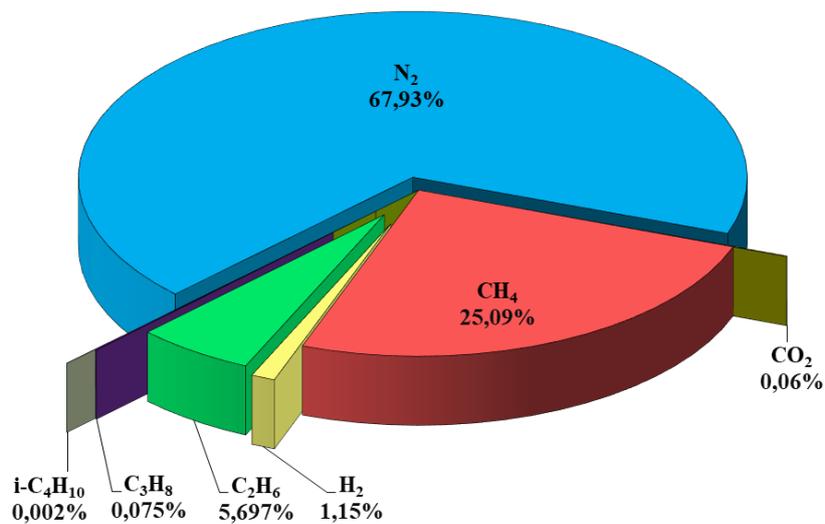


Рис. 3. Компонентный состав свободных газов в породах кровли пласта КрII в районе 2 северо-западной панели

Содержание метана в породах кровли северных панелей изменяется от 25,09% до 36,39%; содержание водорода – от 0,001 до 2,37%; суммарное содержание тяжелых углеводородных газов – от 4,509% до 21,378%; содержание азота – от 50,5% до 67,55%. Диаграмма компонентного состава свободных газов в породах кровли пласта КрII в районе 2 северо-западной панели представлена на рисунке 3.

Значительное процентное содержание тяжелых углеводородов метанового ряда в составе свободных газов равное 20,674% и 21,378% отмечается на 1 ЮВП и 1 ЮЗП соответственно.

Заключение

В результате исследования газоносности по свободным газам и компонентного состава пород кровли пласта КрII и пласта КрII рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» установлено, следующее.

Средняя газоносность пород по свободным газам пород пласта КрII составляет $0,27 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Наибольшая газоносность зафиксирована на 2 юго-западной панели и составляет $1,0 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Средняя газоносность пород по свободным газам пород кровли пласта КрII составляет $0,41 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Наибольшая газоносность зафиксирована на 2 юго-восточной панели и составляет $1,76 \text{ м}^3/\text{м}^3$, а также на 2 северо-восточной панели, где зафиксировано повышенное газовыделение со скоростью свыше 5 л/мин. Повышенная газоносность пород кровли пласта КрII, вероятно, является следствием расслоения галопелитовых прослоек и последующим скоплением приконтактных газов между ними.

Компонентный состав свободных газов пород пласта КрII и его пород кровли – метаново-азотный. Содержание метана в породах пласта КрII по шахтному полю изменяется от 19,1% до 35,2%; содержание метана в породах кровли пласта КрII по шахтному полю изменяется от 21,13% до 40,73%.

*Исследования проводились при поддержке гранта РФФИ
№ 20-45-596017.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковалев О.В., Ливенский В.С., Былино Л.В. Особенности безопасной разработки калийных месторождений. – Минск: Польша, 1982. – 96 с.: ил
2. Проскуряков Н.М., Ковалев О.В., Мещеряков В.В. Управление газодинамическими процессами в пластах калийных руд. – М.: Недра. – 1988. – 239 с.
3. Проскуряков Н.М. Управление состоянием массива горных пород. – М.: Недра, 1991. – 368 с
4. 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.
5. 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.
6. Полянина Г.Д. Газы соляных пород и газопроявления в рудниках Верхнекамского месторождения // Горн. журн. – 1995. – № 6. – С. 145-150.
7. Полянина Г.Д., Земсков А.Н., Падерин Ю.Н. Технология и безопасность разработки Верхнекамского калийного месторождения. – Пермь: Кн. изд-во, 1990. – 262 с.: ил.
8. Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: методы прогнозирования и способы предотвращения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во. ПГТУ, 2007. – 208
9. 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.

10. Андрейко С.С., Иванов О.В., Нестеров Е.А. Исследование способов предотвращения внезапных отжимов призабойной части соляных пород // Горный журнал. – 2018. – № 6. – С. 30-34. – DOI: 10.17580/gzh.2018.06.06.
11. Литвиновская Н.А., Ключарев А.П. Совершенствование технологии отработки запасов выбросоопасного пласта КрII в условиях рудника «Еврохим-УКК» // Изв. Тульского гос. ун-та. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 416-424. – DOI: 10.46689/2218-5194-2021-4-1-416-424.
12. Андрейко С.С., Иванов О.В., Лялина Т.А., Нестеров Е.А. Газоносность по свободным газам пород сильвинитовой и сильвинито-карналлитовой зон Верхнекамского месторождения // Горная промышленность. – 2021. – № 4. – С. 125-133. – DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-125-133.

УДК 622.253

DOI:10.7242/echo.2022.2.22

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЛЕДОПОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АССИМЕТРИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ЗАМОРАЖИВАЕМОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

А.В. Пугин, А.А. Оглоблина, А.В. Богомяжков

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Асимметричное распределение температур в массиве горных пород, подвергнутому искусственному замораживанию, является обыденной реальностью. В статье показаны примеры подобных распределений, имевших место в практике при строительстве вертикальных шахтных стволов. Причинами могут служить как естественные, так и технологические факторы. Явление асимметрии затрудняет контроль состояния ледопородного ограждения. Однако применение теплофизического моделирования с последующим морфологическим анализом восстановленного поля температур в рамках предложенного подхода позволяет оперативно и адекватно оценивать параметры ледопородного ограждения на соответствие требуемым критериям, а значит своевременно принимать рациональные и экономически целесообразные технические решения при ведении горных работ.

Ключевые слова: ледопородное ограждение, асимметрия, теплофизическое моделирование, распределение температур, морфологический анализ.

Ледопородное ограждение (ЛПО), возводимое с целью защиты строящейся выработки от разрушения и затопления, должно соответствовать конкретным механическим, термодинамическим и гидравлическим критериям обеспечения безопасности [1, 2].

К механическим критериям относятся требуемая прочность замороженной породы и ее устойчивость к деформациям в течение заданного времени под воздействием внешней нагрузки (суммарно горного и гидростатического, реже, при движении подземных вод – и динамического давления); к гидравлическим – снижение поровой и трещинной проницаемости породы до значения, обеспечивающего нулевую скорость фильтрации подземных вод; к термодинамическим – обеспечение необходимого объема замороженной породы и ее температуры.

При контроле состояния ЛПО термодинамические критерии первичны. Они напрямую связаны с механическими и гидравлическими критериями. Их соблюдение является приоритетным и достаточным условием для одновременного решения механической и гидравлической задач. Кроме того, именно термодинамические параметры легче всего определяются в полевых условиях и служат основой для остальных критериальных оценок.

В формализованном виде анализ термодинамического состояния ледопородного ограждения обычно сводится к сопоставлению его фактической минимальной толщины и средней температуры с требуемыми значениями, определенными на стадии проекти-