

## ГАЗОПРОЯВЛЕНИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК НА РУДНИКЕ СКАЛИСТЫЙ ЗФ ПАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

Е.А. Нестеров

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

**Аннотация:** Рассмотрены условия газопроявления из опережающей скважины при проходке разведочной выработки РВ-1 в рамках вскрытия глубоких горизонтов рудника «Скалистый» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». Представлены геологические особенности пород, пересекаемых разведочными выработками, результаты исследований газоносности пород по свободным газам, анализа газопроявлений при бурении геологоразведочных и опережающих скважин.

**Ключевые слова:** разведочные выработки, газопроявления, разведочные скважины, газоносность пород, сульфидные руды.

### Введение

В настоящее время на руднике «Скалистый» продолжается строительство самой глубокой шахты Евразии. Вскрытие горизонта осуществляется разведочными выработками РВ-1 и РВ-2. Проходка разведочных выработок РВ-1, РВ-2 выполняется с целью вскрытия залежи С-6, выполнения необходимых геологических, геомеханических и других исследований при строительстве горных выработок глубоких горизонтов Октябрьского месторождения [1]. Направления и конфигурация выработок выбрана исходя из наиболее короткого пути сбойки между стволами ВС-10 и СКС-1. Разведочная выработка РВ-1 имеет отметки –1650 м в начале (от ВС-10) и –1550 м в конце (сопряжение с СКС-1). Форма трассы выработки РВ-1 извилистая, это связано с криволинейными очертаниями рудной залежи. Разведочная выработка РВ-2 имеет геодезический перепад 6 м в сторону ствола СКС-1 и меньшее количество поворотов. Каркасная модель разведочных выработок РВ-1, РВ-2 представлена на рисунке 1.

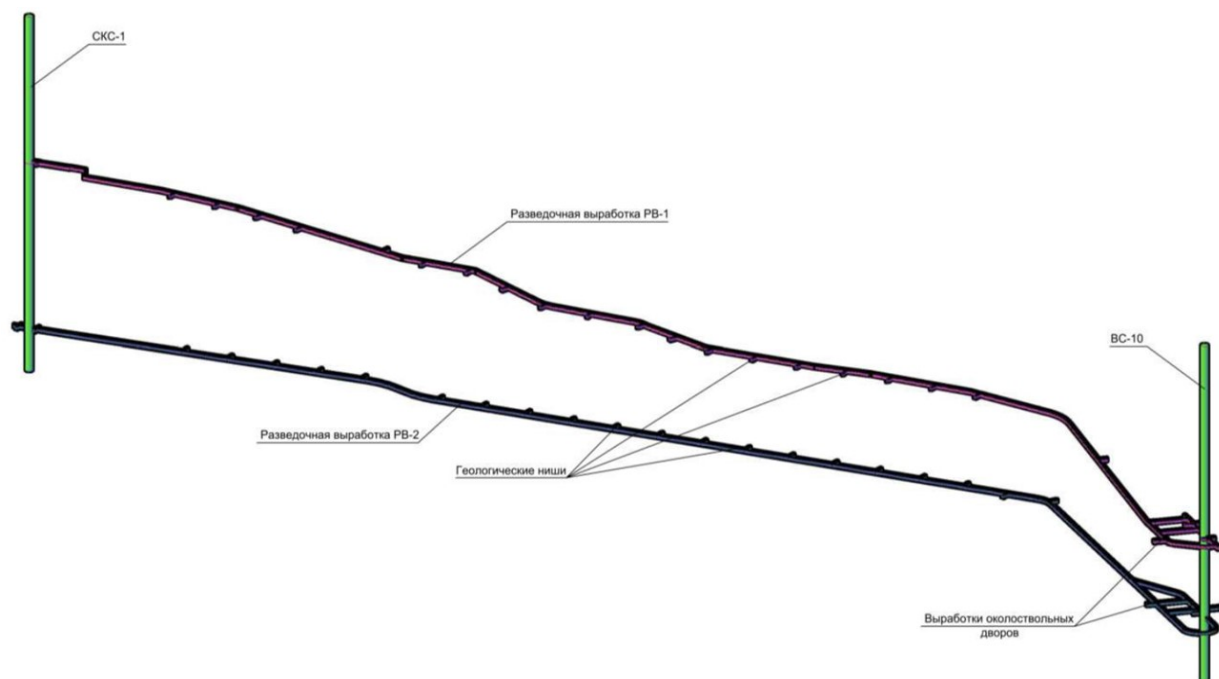


Рис. 1. Каркасная модель разведочных выработок РВ-1, РВ-2

Отработка более глубоких горизонтов сопровождается проявлением различных горно-геологических явлений. Изменяются физико-механические свойства пород, повышается температура горных пород и рудничного воздуха, учащаются случаи газопроявлений в рудных телах и вмещающих их изверженных и метаморфических породах [2].

При бурении опережающей скважины, обусловленной пересечением планируемой трассой выработки опасной зоны от геологоразведочной скважины, в забой выработки РВ-1 на 21 метре бурения произошел хлопок, после чего из устья скважины началось выделение бурового раствора, сопровождающееся пенообразованием, или газонасыщенных рассолов. Прибор, находящийся на боку выработки у забоя, зафиксировал превышение ПДК по метану 1,9% и СО. Буровой инструмент оказался зажат в скважине, после чего было принято решение по разбуриванию колонны большим диаметром [3].

При демонтаже бурового става наблюдался выход из скважины пенящейся жидкости (примерно 10 метров бурового става), далее буровой став был извлечен без каких-либо выделений. Через некоторое время после демонтажа снова фиксировалось выделение, сопровождающееся шумом. Вблизи устья скважины в 10 см зафиксировано превышение ПДК по метану 10-15% и СО. На устье скважины со временем образовались отложения белого цвета, преимущественно представленные хлоридом натрия. Периодически шумы из скважины изменялись в зависимости от интенсивности выделений. Компонентный состав свободных газов, выделяющихся из скважины, также менялся. Так содержание метана (СН<sub>4</sub>) в пробах изменялось от 10,3% до 69,3%, водорода (Н<sub>2</sub>) – от 0,55% до 2,05%.

Горный массив в пределах рассматриваемого поля представлен типичным для месторождения комплексом эффузивных, осадочных и интрузивных пород, имеющих существенно различающиеся физико-механические свойства. Руды представлены тремя промышленными типами: вкрапленными в интрузиве (горизонт пикритовых и такситовых габбро-долеритов придонной части интрузива), богатыми (сплошными), формирующими залежь – скопления сплошных и богато вкрапленных сульфидов в зоне нижнего контакта интрузии (реже в его кровле), и медистыми, образующими тела сложной формы в экзо контакте залежей богатых руд. Шестая Северная залежь (С-6) расположена в восточной части поля и ограничивается с запада безрудным «окном», а с востока – главным швом Норильско-Хараелахского разлома. Залежь представлена пластообразным телом с раздувами и пережимами [2, 4].

В поле шахты «Глубокая» «медистые» руды развиты в нижнем экзо контакте богатых руд залежей С-6 и С-6л. В пределах залежи С-6 выделяется участок развития «медистых» руд длиной до 425 м, шириной до 100 м. «Медистые» руды пирротинового состава мощностью от 1,5 м до 2,4 м, средняя – 1,85 м. Внутреннее строение всех горизонтов «медистых» руд сложное. Нередко интенсивно оруденелые прослои чередуются со слабо минерализованными или без рудными [5].

Перекрывающими породами залежи С-6 служат различные габбро-долериты Талнахской интрузии, а подстилающими – роговики. Верхний контакт залежи в габбро-долеритах сложный, приуроченный к контракционным трещинам интрузии и ослаблен хлоритом, серпентином, тальком, а нижний с роговиками и медистыми рудами плавный, ровный, четкий. Породы средней и сильной нарушенности. Соответственно, основная часть выработки РВ-1 будет проводиться по габбро-долеритам, выработки РВ-2 – по роговикам.

Необходимо добавить, что параллельно с проходкой выработок РВ-1, РВ-1 осуществляется эксплуатационная разведка глубоких залежей рудника «Скалистый». В

процесс разведки из геологических ниш производится бурение разведочных скважин, на основании которых уточняются полезные запасы. На рисунке 2 представлен актуальный геологический разрез по оси выработок РВ-1, РВ-2, построенный с учетом результатов бурения подземных скважин.

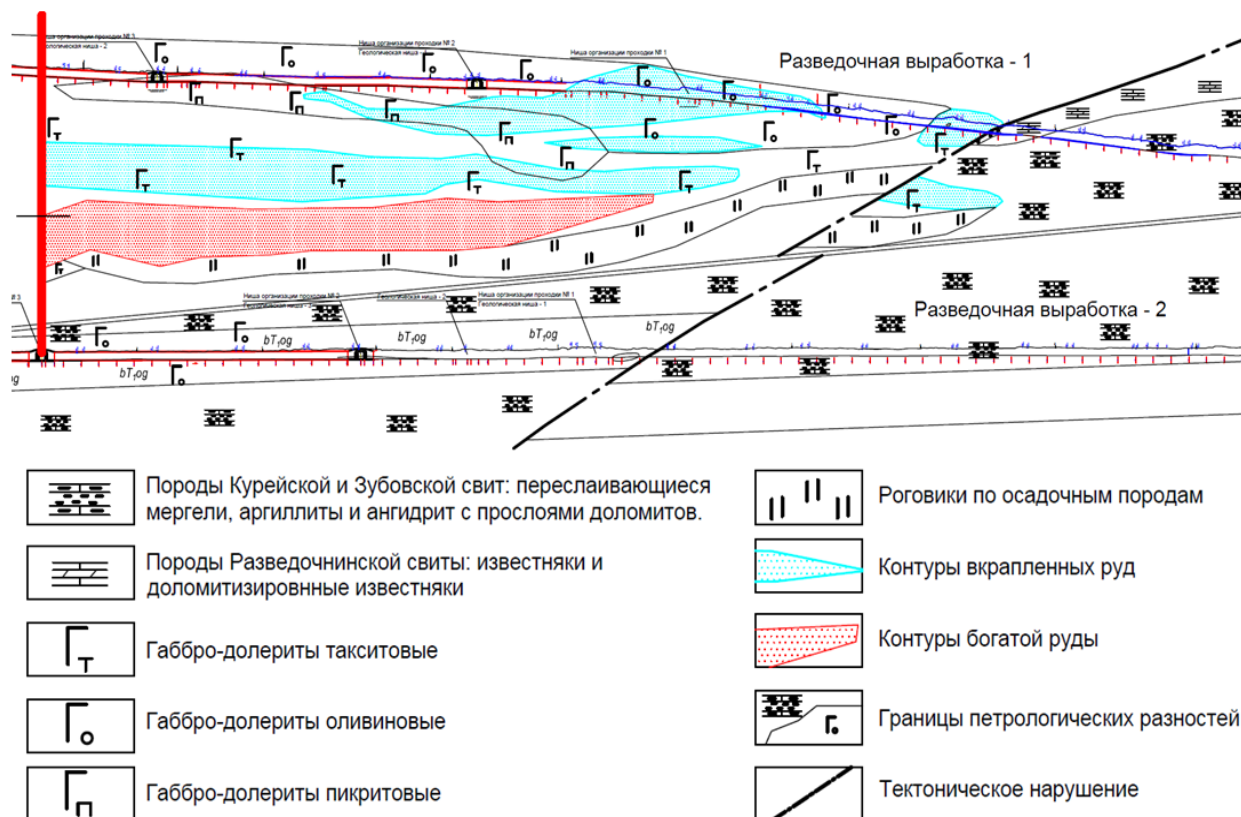


Рис. 2. Геологический разрез по оси разведочных выработок РВ-1 и РВ-2

### Изучение газоносности пород по свободным газам

Природные опасности в рудниках, такие как газовыделения горючих и ядовитых газов, а также газодинамические явления, определяются газовым фактором массива горных пород. Одной из основных количественных характеристик газового фактора является газоносность пород, и точное определение газоносности является одним из важнейших элементов при разработке способов борьбы с природными опасностями. Данные о газоносности используются при определении газовой опасности в рабочих зонах, а также на стадиях регионального и локального прогнозирования зон, опасных по газодинамическим явлениям [6-16]. Необходимость определения газодинамической опасности регламентируется действующими нормативными документами [17].

Методика исследований реализуется путем шахтных инструментальных наблюдений за газовыделениями из шпуров диаметром 42-56 мм, пробуренных в горных выработках с одновременным отбором проб свободного газа. В соответствии с методикой проведения экспериментальных исследований шпуров 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 [18].

Газоносность пород в выработке РВ-1 изменяется от 0,05 до 0,09 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> при среднем значении 0,07 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Максимальное начальное давление свободных газов в массиве 0,190 МПа, начальная скорость газовыделения при этом составила 0,19 л/мин. Суммарное содержание горючих газов составляет 47,67%, содержание тяжелых углеводородных газов (С<sub>2</sub>-С<sub>5</sub>) – 1,34%.

Газоносность пород в выработке РВ-2 изменяется от 0,05 до 0,15 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> при среднем значении 0,10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Максимальное начальное давление свободных газов в массиве 0,191 МПа, начальная скорость газовыделения при этом составила 0,30 л/мин. Суммарное содержание горючих газов составляет 0,31%, содержание тяжелых углеводородных газов (С<sub>2</sub>-С<sub>5</sub>) – 0,03%.

#### **Анализ результатов бурения геологоразведочных скважин.**

По мере проходки разведочных выработок из геологических ниш осуществляется бурение геологоразведочных и опережающих скважин с целью уточнения геологических условий проходки выработок.

По каждой скважине организация создает геолого-маркшейдерские схемы бурения скважин, на которых представлены план скважины и разрез по направлению скважины, а также параметры бурения скважины, геологическое задание, условные обозначения и координаты устья скважины. На рисунке 3 представлена геолого-маркшейдерская схема бурения скважины РГ-1012.

Анализ журналов бурения геологоразведочных скважин, а также скважин передового бурения из геологических ниш выработок РВ-1 и РВ-2, показал, что в скважинах Р-903о, РГ-9100, РГ-1112, РГ-1113, РГ-1006, РГ-1004, РГ-1012, РГ-9140, РГ-915о при различных геологических условиях и интервалах пересечения пород отмечались газопроявления.

В скважинах на отметках газопроявлений керновому материалу соответствует ряд особенностей. В некоторых скважинах газопроявления приурочены к участкам перехода габбро-долерит такситовый – сульфидная руда (часто брекчевидная), габбро-долерит такситовый – габбро-долерит контактовый, причем границы перехода могут быть как четкими, так и постепенными. На участках газопроявлений отмечается сильная трещиноватость до 13-20 трещин на погонный метр скважины, наличие зон разрушений с размерами обломков от 0,5 до 4 см, дискование керна от 2 мм до 5 см. Причем интервал газопроявления может содержать в себе различные комбинации перечисленных особенностей.

#### **Заключение**

В результате выполненных работ по изучению газоносности и описанию буровых журналов можно сделать следующие выводы.

Газоносность пород по свободным газам в разведочных выработках РВ-1 и РВ-2 имеет весьма низкие значения. Компонентный состав свободных газов в породах метаново-азотный.

Газоносность пород в выработке РВ-1 изменяется от 0,05 до 0,09 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> при среднем значении 0,07 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Максимальное начальное давление свободных газов в массиве 0,190 МПа, начальная скорость газовыделения при этом составила 0,19 л/мин. Суммарное содержание горючих газов составляет 47,67%, содержание тяжелых углеводородных газов (С<sub>2</sub>-С<sub>5</sub>) – 1,34%.

Газоносность пород в выработке РВ-2 изменяется от 0,05 до 0,15 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> при среднем значении 0,10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Максимальное начальное давление свободных газов в массиве 0,191 МПа, начальная скорость газовыделения при этом составила 0,30 л/мин. Суммарное содержание горючих газов составляет 0,31%, содержание тяжелых углеводородных газов (С<sub>2</sub>-С<sub>5</sub>) – 0,03%.

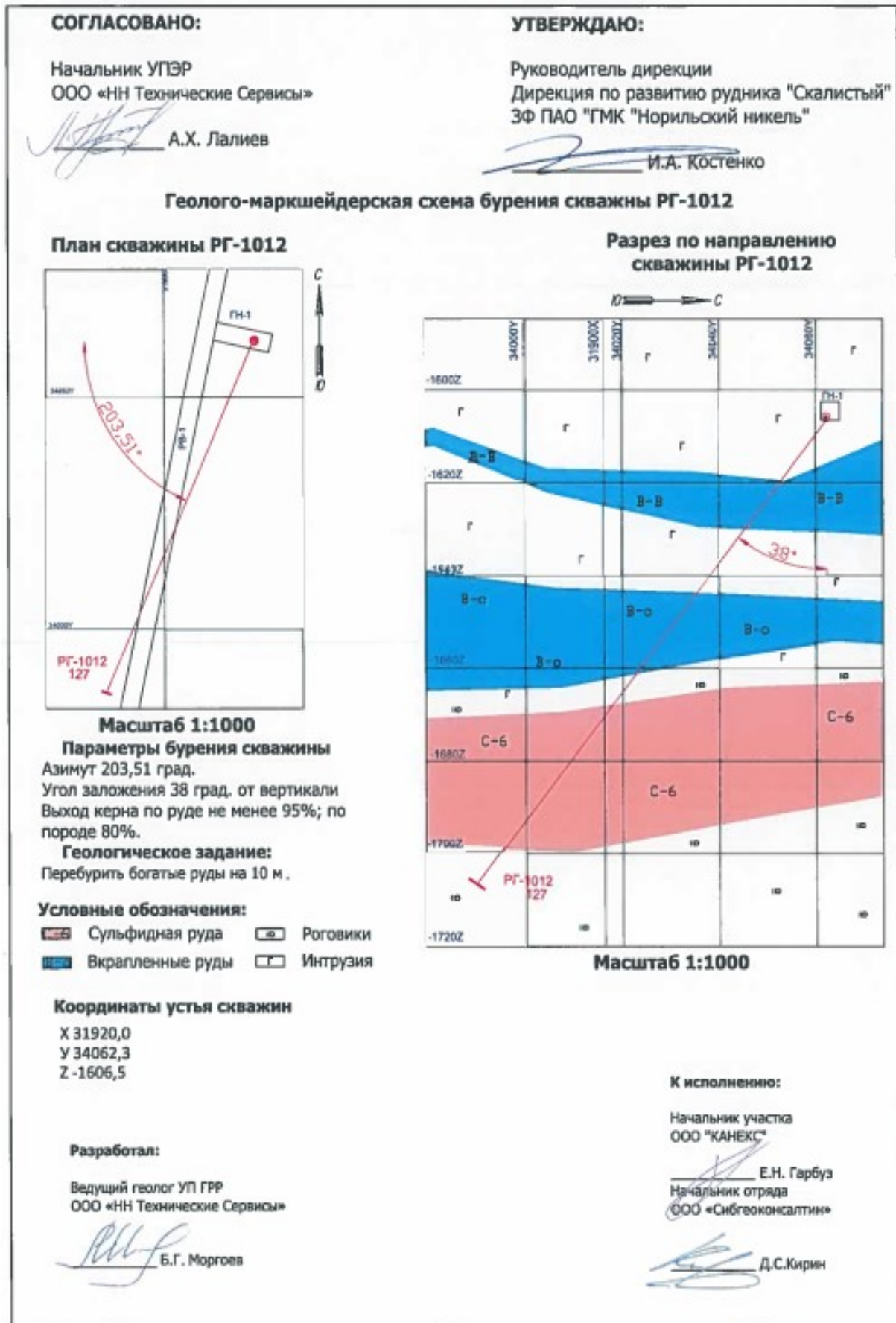


Рис. 3. Геолого-маркшейдерская схема бурения скважины РГ-1012

По результатам бурения как геологоразведочных скважин, так и скважин передового бурения, из геологических ниш выработок РВ-1 и РВ-2 газопроявления происходят с границы геологических разностей, для которых также может быть свойственна сильная трещиноватость пород, зоны разрушения, дискование керна.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г. (рег. номер 122012000396-6).*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический проект разработки Октябрьского и Талнахского месторождений. Рудник «Скалистый». Участки богатых и медистых руд. Кн. 1. Пояснительная записка / Институт горного дела, геологии и геотехнологий; Сиб. Фед. Ун-т. – Красноярск, 2020.
2. Фридман А.И. Природные газы рудных месторождений. – М.: Недра, 1970. – 192 с.: ил.
3. Экспертное заключение о характере и природе газопроявлений при проходке выработки РВ-1 рудника «Скалистый». Включая рекомендации по дальнейшему ведению проходческих работ / ФГБУН ИПКОН РАН. – 2020. – 13 с.
4. Специальные мероприятия по ведению горных работ в условиях газового режима на подземных рудниках «Октябрьский», «Гаймырский», «Комсомольский», «Скалистый», «Маяк» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» / ООО «Институт Гипроникель» – Норильск, 2020.
5. Заключение о составе, масштабе, местах и характере выделения газов и паров на руднике «Скалистый» ЗФ ПАО «ГМК Норильский Никель» / Гипроникель. – СПб., 2020.
6. Андрейко С.С., Иванов О.В., Щерба В.Я., Береснев С.П. Результаты исследования газоносности и компонентного состава газа в породах кровли // Горная механика. – 2004. – № 1-2. – С. 3-7.
7. Андрейко С.С., Иванов О.В., Саламатина Н.А., Береснев С.П. Результаты экспериментальных исследований газоносности пород I калийного горизонта в условиях рудника 1 РУ РУП «ПО «Беларуськалий» // Горная механика. – 2006. – № 2. – С. 23-27.
8. Андрейко С.С., Иванов О.В., Токсаров В.Н., Береснев С.П., Головатый И.И. Экспериментальные исследования газоносности и газодинамических характеристик пород III калийного горизонта в диапировидных зонах замещения // Горная механика. – 2007. – № 3. – С. 3-8.
9. Андрейко С.С. Мониторинг газодинамической опасности при ведении подземных горных работ на рудниках ОАО «Уралкалий»: современное состояние и направления совершенствования // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 9. / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2011. – С. 254-256.
10. Andreyko S.S., Ivanov O.V., Nesterov E.A., Golovaty I.I., Beresnev S.P. Research of salt rocks gas content of III potash layer in the Krasnoslobodsky mine field // Eurasian mining. – 2013. – № 2. – P. 38-41.
11. Андрейко С.С. Анализ структурно-тектонических условий проявления газодинамических явлений в надвиговых и сдвиговых зонах на шахтных полях рудников БКПРУ-2 и БКПРУ-4 // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 13 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2015. – С. 225-228.
12. 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. Вып. 14 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2016. – С. 304-307.
13. Андрейко С.С. Проблема газодинамических явлений при совершенствовании технологии слоевой выемки Третьего калийного пласта в условиях Старобинского месторождения калийных солей // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 16 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2018. – С. 300-307. – DOI: 10.7242/gdsp.2018.16.80.
14. Барях А.А., Андрейко С.С., Федосеев А.К. Газодинамическое обрушение кровли при разработке месторождений солей // Записки Горного института. – 2020. – Т. 246. – С. 601-609. – DOI: 10.31897/PMI.2020.6.1.
15. 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.
16. Андрейко С.С. Газодинамическая опасность пород IV калийного горизонта и пород калийного горизонта IV-II на шахтном поле Петриковского ГОКА // Горное эхо. – 2021. – № 4 (85). – С. 87-95. – DOI: 10.7242/echo.2021.4.18.

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-