

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., Лукьянец Е.В., Литвиновская Н.А., Нестеров Е.А., Бобров Д.А., Поляков А.Л., Лутович Е.А. Параметры профилактической дегазации пород почвы горных выработок при слоевой отработке третьего калийного пласта на рудниках ОАО «Беларуськалий» // Вестн. ПНИПУ: Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16, № 3.– С. 280-290. – DOI: 10.15593/2224-9923/2017.3.9.
6. Андрейко С.С., Бобров Д.А., Нестеров Е.А., Лукьянец Е.В. Оценка газоносности и газодинамических характеристик пород соляных и глинисто-карбонатных пачек на шахтном поле рудника второго рудоуправления ОАО «Беларуськалий» // Недропользование. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 270-279. – DOI: 10.15593/2712-8008/2020.3.7.
7. Андрейко С.С., Иванов О.В., Бикмаева Т.А. Разработка математической модели метода прогнозирования внезапных разрушений пород почвы горных выработок при очистной выемке карналлитового пласта в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 4. – С. 191-196.
8. Андрейко С.С., Лукьянец Е.В., Литвиновская Н.А., Нестеров Е.А., Бобров Д.А., Поляков А.Л., Лутович Е.А. Параметры профилактической дегазации пород почвы горных выработок при слоевой отработке третьего калийного пласта на рудниках ОАО «Беларуськалий» // Вестн. ПНИПУ: Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16, № 3.– С. 280-290. – DOI: 10.15593/2224-9923/2017.3.9.

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2023.1.18

## КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ СВОБОДНЫХ ГАЗОВ В ПОРОДАХ ПЛАСТА КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГРЕМЯЧИНСКОГО ГОКА

В.О. Лядов

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация.** В статье представлены подробные результаты исследования компонентного состава свободного газа, содержащегося в породах шахтного поля Гремячинского горно-обогатительного комбината. Отбор образцов для анализа компонентного состава проводился совмещенно с бурением геологоразведочных скважин из подземных горных выработок рудника. В результате исследования была выявлена зависимость содержания в свободных газах горючих компонентов и тяжелых углеводородов метанового ряда от типа пород, из которых отбирались пробы свободных газов. Данные исследования будут использованы при разработке и актуализации рекомендаций по безопасному ведению горных работ на рудниках Гремячинского горно-обогатительного комбината. Полученные характеристики компонентного состава свободных газов могут быть использованы для индикации типа пород в процессе бурения подземных геологоразведочных скважин.

**Ключевые слова:** компонентный состав, свободные газы, геологоразведочная скважина, Гремячинское месторождение, карналлит, сильвинит, каменная соль.

### Введение

Мировой опыт разработки месторождений калийных солей показывает практически повсеместное наличие опасности возникновения газодинамических явлений в виде выбросов пород и газа на подавляющем большинстве рудников, в число которых также входит и подземный рудник Гремячинского горно-обогатительного комбината. С целью прогнозирования зон, опасных по газодинамическим явлениям, в условиях рудника бурение геологоразведочных скважин сопровождается мониторингом газоносности продуктивных пластов, а также отбором проб свободно-

го газа для дальнейшего исследования его компонентного состава. Анализ компонентного состава газа позволяет оценить опасность в случае интенсивного газовыделения в выработку при ведении горных работ, а также используется при изучении механизмов образования газодинамических явлений в условиях рассматриваемого рудника [1-5, 10-12].

В условиях Гремячинского месторождения калийных солей ведется его эксплуатационная разведка путем бурения подземных геологоразведочных скважин в горных выработках. В свою очередь, для оценки газоносности пород продуктивной толщи необходимо выполнить опытные исследования возможности определения компонентного состава выделяющихся при бурении скважин свободных газов из сильвинитовых и карналлитовых пород пласта калийно-магниевых солей для дальнейшей корректировки объемов и параметров профилактических мероприятий при ведении горных работ в условиях Гремячинского горно-обогатительного комбината.

### Методика проведения исследований

Опытные исследования возможности определения компонентного состава свободных газов в породах пласта калийно-магниевых солей в условиях Гремячинского месторождения калийных солей заключались в отборе проб свободных газов, выделяющихся из бурового раствора при бурении подземных геологоразведочных скважин № 1 и № 2 в буровой нише главного северо-западного вентиляционного штрека (рис. 1) и № 3 в главном северо-восточном закладочном штреке рудника Гремячинского горно-обогатительного комбината по сильвинитовым и карналлитовым породам, и дальнейшем определении компонентного состава отобранных свободных газов с помощью газовых хроматографов [3, 6-9].

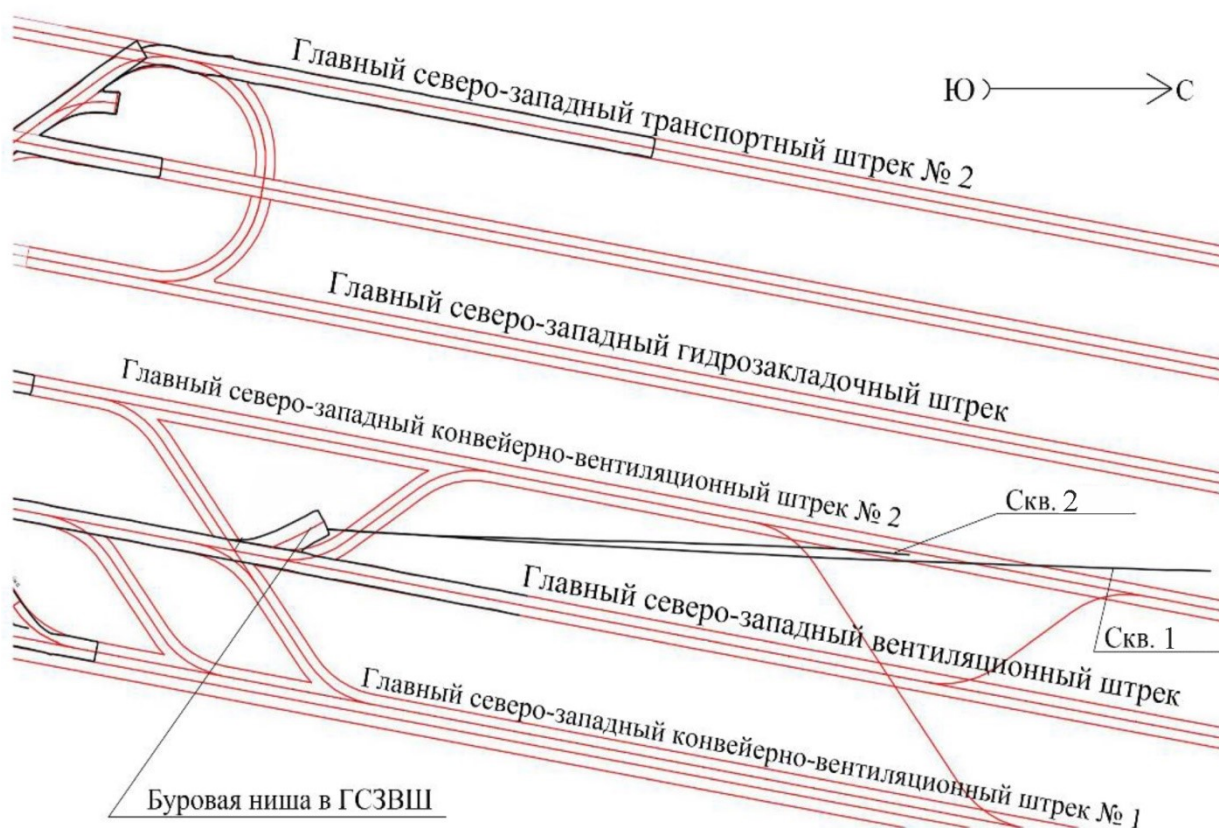


Рис. 1. План горных выработок с положением скважин № 1 и № 2

Всего было отобрано 15 проб свободных газов при их выделении из бурового раствора, 9 проб на двух интервалах при бурении скважины эксплуатационной разведки № 1 и 3 пробы при бурении скважины № 2 (рис. 2), а также 3 пробы при бурении подземной геологоразведочной скважины № 3. Из всего числа проб 9 образцов отобраны при бурении по карналлитовым породам и по 3 пробы – по сильвиниту и каменной соли. Пробы отбирались непосредственно у истечения выходящего бурового раствора из устья скважины.

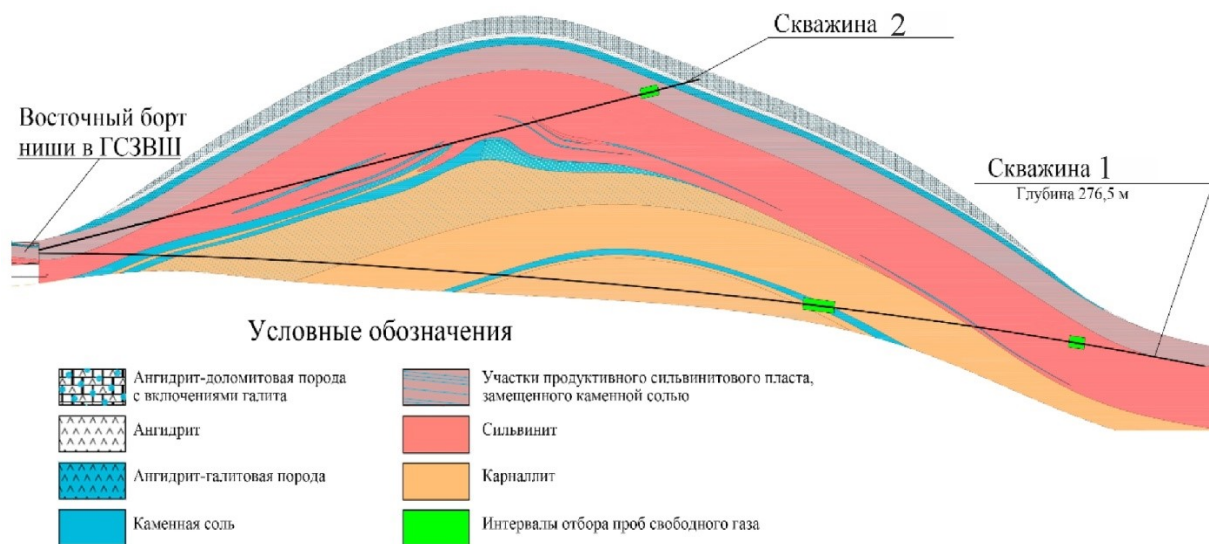


Рис. 2. Геологический профиль по осям бурения скважин № 1 и № 2

### Результаты исследований

Как показывают полученные результаты исследований компонентного состава свободного газа в различных соляных породах, большее количество метана и водорода характерно для карналлитовых пород, в то время как тяжелые углеводороды метанового ряда чаще встречаются в сильвинитах. В связи с этим имеет смысл разделение проб, взятых из пород различного типа.

В таблице 1 представлен компонентный состав свободных газов, выделившихся из бурового раствора в рассматриваемых разведочных скважинах. Породы, из которых отобраны пробы выделившегося из бурового раствора свободного газа, в таблице обозначены следующими цветами: карналлит – светло-желтый, сильвинит – светло-розовый, каменная соль – светло-голубой.

Как видно из таблицы 1, по своему составу свободные газы в породах являются метаново-азотными. Содержание метана колеблется от 0,04% до 12,43% при среднем значении 3,54%. Содержание азота изменяется от 85,58% до 99,88% при среднем значении 95,86%.

В составе свободных газов, выделившихся при бурении скважин по карналлитам, присутствует водород, содержание которого колеблется от 0,12% до 1,72%, в среднем составляя 0,54%. Содержание метана в карналлите также на порядок выше, чем в сильвините и каменной соли, и изменяется от 2,47% до 12,43%, в среднем составляя 5,6%. Суммарное содержание горючих газов (метан + водород) изменяется от 2,6% до 14,16% при среднем значении 6,14%. Суммарное содержание тяжелых углеводородов метанового ряда ( $C_2 - C_5$ ) изменяется от 0,072% до 0,293% при среднем значении 0,194%. Содержание азота колеблется от 85,58% до 97,16%, в среднем составляя 93,58%.

Таблица 1

## Компонентный состав свободных газов в скважинах

Глубина, м	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Скважина № 1</b>										
182,0	2,47	0,13	0,109	0,010	0,008	0,012	0,010	0,009	97,16	0,08
183,5	4,70	0,20	0,183	0,043	0,025	0,021	0,012	0,009	94,74	0,08
185,0	2,73	0,14	0,133	0,018	0,016	0,014	0,007	0,006	96,86	0,07
186,5	2,65	0,16	0,158	0,024	0,014	0,017	0,012	0,006	96,88	0,07
188,0	3,01	0,12	0,196	0,041	0,033	0,013	0,005	0,004	96,49	0,08
189,5	7,00	0,13	0,186	0,016	0,007	0,008	0,002	0,006	92,56	0,09
246,5	0,39	0,00	0,110	0,046	0,030	0,025	0,015	0,012	99,31	0,06
248,0	0,77	0,00	0,169	0,147	0,107	0,125	0,080	0,067	98,47	0,06
249,5	0,52	0,06	0,041	0,028	0,014	0,015	0,007	0,005	99,22	0,09
<b>Скважина № 2</b>										
146,5	0,04	0,00	0,006	0,005	0,002	0,001	0,001	0,002	99,88	0,06
148,0	0,29	0,00	0,039	0,047	0,021	0,029	0,010	0,008	99,49	0,06
149,5	0,65	0,00	0,030	0,005	0,004	0,009	0,002	0,002	99,22	0,08
<b>Скважина № 3</b>										
159,0	9,02	1,48	0,094	0,014	0,002	0,003	0,001	0,000	89,29	0,09
160,5	12,4 3	1,72	0,156	0,011	0,001	0,003	0,000	0,000	85,58	0,09
162,0	6,40	0,77	0,060	0,005	0,001	0,003	0,002	0,001	92,68	0,08

В составе свободных газов, выделившихся при бурении подземных разведочных скважин по сильвинитам, водород обнаружен лишь в одной пробе, отобранной в скважине № 1 на глубине 249,5 м и составляет всего 0,06% от объема пробы. Содержание метана в сильвините изменяется от 0,39% до 0,77%, в среднем составляя 0,56%. Суммарное содержание горючих газов (метан + водород) изменяется от 0,39% до 0,77% при среднем значении 0,58%. Суммарное содержание тяжелых углеводородов метанового ряда (C<sub>2</sub> – C<sub>5</sub>) в сильвините практически в 2 раза выше, чем в карналлите, и почти в 5 раз выше, чем в каменной соли, и изменяется от 0,110% до 0,694% при среднем значении 0,347%. Содержание азота колеблется от 98,47% до 99,31%, в среднем составляя 99,0%.

В составе свободных газов, выделившихся при бурении скважин по каменной соли, водород не обнаружен. Содержание метана изменяется от 0,04% до 0,65%, в среднем составляя 0,33%. Суммарное содержание тяжелых углеводородов метанового ряда ( $C_2 - C_5$ ) в каменной соли изменяется от 0,016% до 0,153% при среднем значении 0,074%. Содержание азота колеблется от 99,22% до 99,88%, в среднем составляя 99,53%.

В таблице 2 представлен качественный состав выделившихся свободных газов в исследованных породах.

Таблица 2

Качественный состав свободных газов в соляных породах

№	Порода	Сумма горючих газов, об. %	Сумма углеводородов, об. %	Содержание $N_2$ , об. %
1	Карналлит	6,14	0,194	93,58
2	Сильвинит	0,58	0,347	99,00
3	Каменная соль	0,33	0,074	99,53
Среднее значение:		3,87	0,201	95,86

Таким образом, по содержанию в полученных в ходе бурения подземных геологоразведочных скважин пробах, отобранных в устье скважин, суммарного содержания горючих газов (метан + водород) и тяжелых углеводородов метанового ряда ( $C_2 - C_5$ ) в составе свободных газов можно спрогнозировать тип соляных пород, что может использоваться при бурении стандартных скважин без выемки керна, снижая трудозатраты и увеличивая скорость бурения.

### Выводы

Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

Способ оценки компонентного состава свободных газов с отбором проб из бурового раствора при бурении подземных геологоразведочных скважин показал эффективность в условиях рудника Гремячинского горно-обогатительного комбината. Данный метод позволяет проводить анализ компонентного состава свободных газов, выделившихся на определенных интервалах во время бурения геологоразведочных скважин из горных выработок.

Компонентный состав отобранных свободных газов существенно различается в зависимости от породы, из которой отбиралась проба. Маркерами в данном случае выступают горючие газы и суммарное количество тяжелых углеводородов. Так, для карналлитовых пород характерно большее, чем для остальных пород содержание горючих газов ( $H_2 + CH_4$ ), а именно 6,14%. В свою очередь, для сильвинитовых пород характерно большее содержание углеводородов, в данных породах оно в среднем составляет 0,347%. Для каменной соли характерно низкое содержание горючих газов в целом.

Полученные в результате исследований данные могут быть использованы для определения состава пород, по которым осуществляется бурение подземных геологоразведочных скважин.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Андрейко С.С. Механизм образования очагов газодинамических явлений в соляном породном массиве. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 196 с.
2. Нестеров Е.А. Результаты исследований газоносности соляных пород Половодовского участка // Вестн. ПНИПУ: Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 3. – С.140-144.
3. Андрейко С.С. Гипотезы и модели механизма возникновения газодинамических явлений в шахтах // Горная механика. 2002. – №2. – С. 3-8.
4. Чайковский И.И., Иванов О.В. Новые данные по геохимии газов калийных месторождений // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Геология. – 2014. – № 4. – С. 56-65.
5. 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.
6. 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.
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. Метод прогноза газодинамических явлений при разработке сильвинитовых пластов Верхнекамского месторождения калийных солей // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2009. – № 7. – С. 368-373.
9. Андрейко С.С., Бобров Д.А., Нестеров Е.А., Лукьянец Е.В. Оценка газоносности и газодинамических характеристик пород соляных и глинисто-карбонатных пачек на шахтном поле рудника второго рудоуправления ОАО «Беларуськалий» // Недропользование. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 270-279. – DOI: 10.15593/2712-8008/2020.3.7.
10. Андрейко С.С., Прушак В.Я., Щерба В.Я. Анализ геологических условий возникновения газодинамических явлений на Старобинском месторождении калийных солей // Горная механика. – 2002. – № 1. – С. 89-94.
11. 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.
12. Andreiko S.S. Statistical criteria and estimation results for regularities of gas-dynamic phenomenon distribution in potash deposits // Journal of Mining Science. – 2003. – V. 39, № 4. – P. 354-363.

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2023.1.19

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НА ГАЗОНОСНОСТЬ ПО СВОБОДНЫМ ГАЗАМ СОЛЯНЫХ ПОРОД  
В УСЛОВИЯХ ШАХТНОГО ПОЛЯ РУДНИКА  
ООО «ЕВРОХИМ-УСОЛЬСКИЙ КАЛИЙНЫЙ КОМБИНАТ»**

А.С. Папулов

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация.** Проведены экспериментальные исследования газоносности соляных пород кровли пласта КрII на руднике ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат». При проведении шахтных экспериментальных исследований определялись газоносность пород по свободным газам, газодинамические характеристики пород кровли горных выработок, а также проводился в лабораторных условиях хроматографический анализ компонентного состава свободных газов. Оценивалось распределение газоносности пород и компонентного состава газа на различных расстояниях от контуров нефтяных месторождений, залегающих в нижележащей толще пород. Определен средний компонентный состав свободных газов в пределах и за контуром нефтяных месторождений. Полученные результаты позволяют дать оценку возможного влияния рифогенных структур, залегающих под соляной толщей, на газоносность соляных пород.

**Ключевые слова:** газоносность, соляные пласты, нефтяное месторождение, компонентный состав, свободные газы, Верхнекамское месторождение.