

При этом среднее значение давления свободного газа в массиве не изменялось и для всех пород составило 0,190 МПа.

Можно сделать вывод, что исследованные породы характеризуются низкими значениями газоносности и газодинамических характеристик и не требуют специальных мероприятий при проведении горных выработок по этим породам.

### 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. 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.
3. 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.
4. Андрейко С.С., Литвиновская Н.А. Локальный прогноз зон, опасных по газодинамическим явлениям из почвы горных выработок пласта АБ на южной части шахтного поля БКПРУ-4 Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 4. – С. 205-211.
5. Андрейко С.С., Иванов О.В., Нестеров Е.А., Головатый И.И., Береснев С.П. Исследование газоносности соляных пород третьего калийного пласта на шахтном поле Краснослободского рудника // Горн. журн. – 2013. – № 6. – С. 69-73.
6. Тараканов В.А., Головатый И.И., Береснев С.П., Андрейко С.С., Иванов О.В. Исследование газоносности пород пласта третьего калийного горизонта Старобинского месторождения // Горн. журн. – 2010. – № 8. – С.25-27.
7. Андрейко С.С., Иванов О.В., Нестеров Е.А., Литвиновская Н.А. Исследование газоносности продуктивных калийных пластов на новых участках шахтных полей калийных рудников ОАО «Уралкалий» и ОАО «Сильвинит» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 4. – С. 186-190.
8. Литвиновская Н.А. Газоносность и газодинамические характеристики пород почвы при слоевой выемке третьего калийного пласта в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 14 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2016. – С. 315-317.
9. Подлесный И.А., Береснев С.П., Андрейко С.С., Некрасов С.В., Литвиновская Н.А. Геомеханическое моделирование внезапных разрушений пород почвы горных выработок // Горн. журн. – 2010. – № 8. – С.28-30.
10. 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.

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2020.1.22

### ОЦЕНКА ГАЗОНОСНОСТИ СОЛЯНЫХ ПОРОД БЕЛОПАШНИНСКОГО УЧАСТКА ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ

А.С. Папулов

*Горный институт УрО РАН, г.Пермь*

**Аннотация.** В работе представлены результаты изучения газоносности и компонентного состава соляных пород Белопащинского участка. Исследования проводились методом механической дезинтеграции пород, а также непосредственным извлечением свободного газа в шприцы из газовой ловушки с последующим анализом на хроматографе. Полученные результаты позволяют спрогнозировать газовую и газодинамическую опасность при отработке калийных пластов. Проведенные исследования позволили установить, что газоносность соляных пород по исследуемым скважинам находится в пределах, не превышающих газоносность пород, опасных по газодинамическим явлениям.

**Ключевые слова:** газоносность, связанные газы, свободные газы, соляные породы, скважина.

**Введение.** Изучение газоносности соляных пород является важной задачей, как для предприятий калийной промышленности, так и для научных исследований в области газодинамики и геологии. Практическое значение исследований газоносности калийных пластов заключается в использовании количественных данных для регионального и локального прогнозирования зон, опасных по газодинамическим явлениям, при разведке и разработке Верхнекамского калийного месторождения, что позволяет существенно повысить безопасность ведения горных работ [1-9].

Разработка Белопашнинского участка ведется компанией ООО «ЕвроХим-УКК». В пределах выделенного участка исследования газоносности соляных пород проводились по скважинам: №2205, №2206, №2207, №2210.

**Методика проведения исследований.** Исследования газоносности соляных пород по свободным газам в пределах геологического разреза скважин оценивалась только на качественном уровне, т.е. выполнялся хроматографический анализ свободных газов [10-12].

Методика отбора проб заключается в следующем. Непосредственно во время бурения керна через каждые 0,5 м. осуществляется отбор проб. Проба отбирается пластиковыми шприцами с резиновыми шлангами. На конец шланга, по которому происходит излияние бурового раствора в отстойник, устанавливается газовая ловушка. Газовая ловушка представляет собой сосуд, верхняя часть которого выполнена в виде конуса с крышкой для улавливания газа. В крышке имеется штуцер, к которому и присоединяется шприц. Если конструктивные возможности не позволяют воспользоваться ловушкой, то выделяющийся с буровым раствором газ отбирается непосредственно у буровой колонны.

После бурения на всю величину керноотборника с одновременным проведением поинтервальных замеров, керн вынимается и по нему осуществляется выбраковка отобранных проб газа. Пробы, попавшие в интервалы интересующих пластов, оставляются, а остальные – используются повторно при следующем бурении.

Исследования газоносности соляных пород по связанным газам проводились на образцах керна, отобранных по разрезам скважин. Связанный газ извлекался по методике механической дезинтеграции образцов [3]. Суть метода заключается в том, что образцы породы подвергаются сначала процессу дробления, а затем процессу измельчения, в результате которого происходит выделение газа за счет разрушения кристаллической решетки.

**Результаты исследований.** Исследования по оценке газоносности проводились с использованием оборудования ЦКП «Центр исследования свойств геоматериалов» ПНИПУ. В соответствии с методикой исследования газоносности соляных пород по свободным газам были получены результаты, представленные в таблице 1.

Как видно из таблицы 1 повышенное содержание метана зафиксировано в сильвинитовых пластах КрIII<sub>а</sub>, А и Б, а также в пластах В и З, представленных карналлитовыми породами. Преимущественно по всему разрезу отмечается наличие водорода в свободном газе. Максимальное содержание водорода отмечено в сильвинитовом пласте Б и составляет 5,91%. Содержание углеводородных газов метанового ряда находится в пределах от 0,13 (покровная каменная соль) до 7,07% (карналлитовый пласт Ж), при этом также отмечается повышенное наличие последних в карналлитовых пластах З и И.

Таблица 1

Средний компонентный состав свободных газов по пластам  
в исследовательских скважинах (об. %)

№	Пласт	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i- C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n- C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i- C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	n- C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
1	ПКС	0,11	0,00	0,05	0,01	0,014	0,007	0,044	0,004	99,81	0,02
2	К	0,24	0,34	0,285	0,11	0,050	0,048	0,024	0,017	99,03	0,03
3	И	3,32	0,09	1,48	0,71	0,503	0,200	0,239	0,108	93,36	0,02
4	З	17,89	3,14	2,57	0,39	0,080	0,141	0,040	0,014	87,83	0,04
5	Ж	2,75	0,00	1,96	1,79	1,099	1,038	1,001	0,188	95,07	0,02
6	Е	0,24	0,00	0,41	0,19	0,084	0,066	0,034	0,034	99,33	0,02
7	Д	1,17	0,15	0,08	0,06	0,053	0,044	0,031	0,016	98,43	0,05
8	Г	8,31	0,13	1,06	0,14	0,045	0,046	0,022	0,009	90,20	0,03
9	В	16,99	5,67	0,55	0,06	0,014	0,016	0,010	0,009	78,53	0,05
10	Б	17,04	5,91	0,71	0,11	0,018	0,027	0,011	0,009	78,10	0,05
11	А	23,01	2,59	1,58	0,18	0,210	0,130	0,112	0,119	72,98	0,04
12	КрI	6,65	2,37	0,49	0,11	0,066	0,049	0,028	0,017	90,97	0,04
13	КрIIверх	4,84	1,63	0,72	0,09	0,039	0,053	0,022	0,012	93,09	0,05
14	КрIIниз	7,84	1,14	1,11	0,49	0,245	0,320	0,250	0,088	88,83	0,07
15	КрIIIа	19,54	1,49	1,95	0,21	0,208	0,179	0,105	0,072	76,71	0,03
16	КрIIIб	7,38	1,16	0,62	0,167	0,109	0,086	0,055	0,037	90,74	0,03
17	КрIIIв	6,97	0,44	0,61	0,17	0,077	0,067	0,057	0,032	91,69	0,03
18	ПдКС	1,71	0,49	0,11	0,06	0,027	0,025	0,012	0,006	97,77	0,04

Исследование газоносности пород, а также компонентного состава связанных газов происходило в соответствии с методикой механической дезинтеграции образцов. Повышенная газоносность зафиксирована в сильвинитовом пласте Б и составляет 0,045 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Среднее значение газоносности по разрезу равняется 0,028 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. В целом, можно сказать, что газоносность пород исследуемого участка ниже значений газоносности соляных пород, опасных по газодинамическим явлениям. Средняя газоносность соляных пород Белопащинского участка представлена на рис. 1.

По компонентному составу связанные газы – метаново-азотные. Максимальное содержание метана отмечается в карналлитовом пласте Г и равняется 6,93%. Повышенное содержание метана зафиксировано в пластах В, Д и Е, представленных карналлитовыми породами. Среднее значение метана по данным пластам составляет 6,34%. Содержание водорода по исследуемым образцам практически не наблюдается. Повышенное содержание углеводородных газов метанового ряда в составе связанных газов отмечается в сильвинитовом пласте КрIII<sub>а</sub>, а также в пропластке каменной соли КрIII<sub>а-б</sub> и составляет 4,88 и 5,85% соответственно. В качестве примера на рис. 2 представлен средний компонентный состав связанных газов в пластах, представленных сильвинитовыми породами.

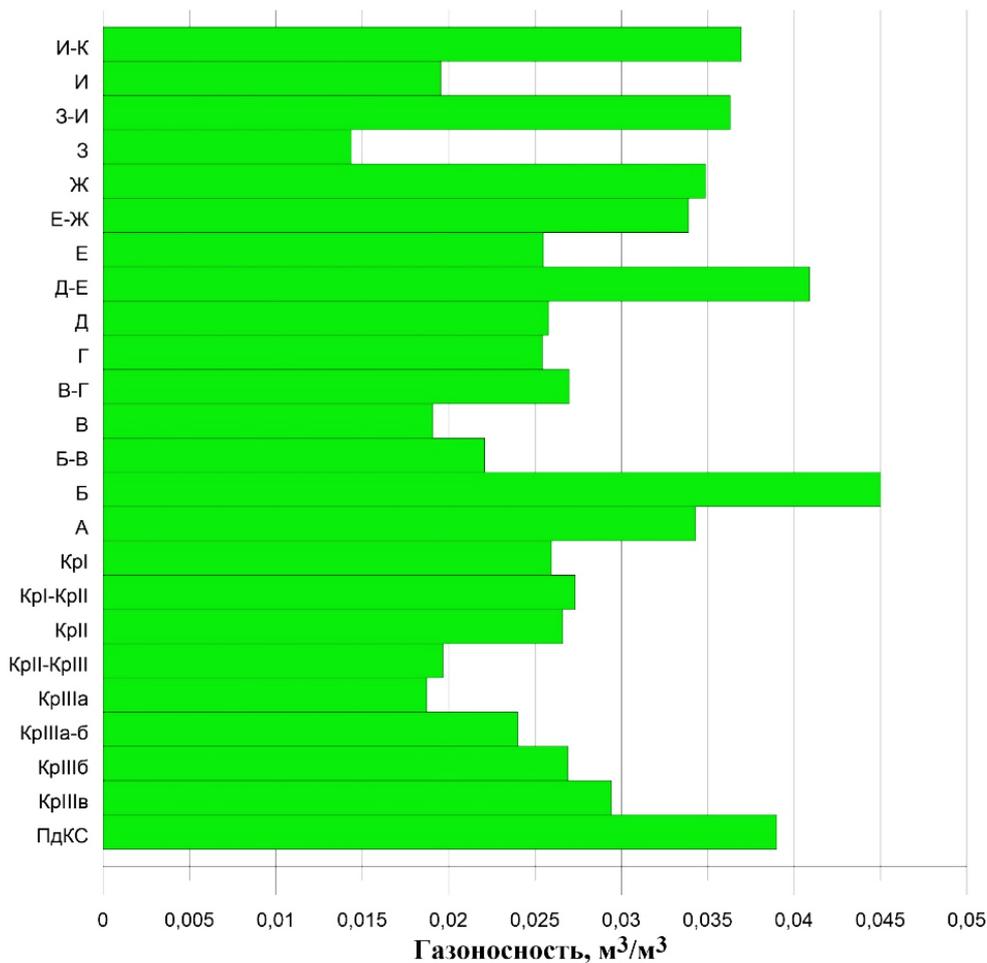


Рис. 1. Диаграмма распределения средней газоносности по связанным газам по пластам в исследовательских скважинах

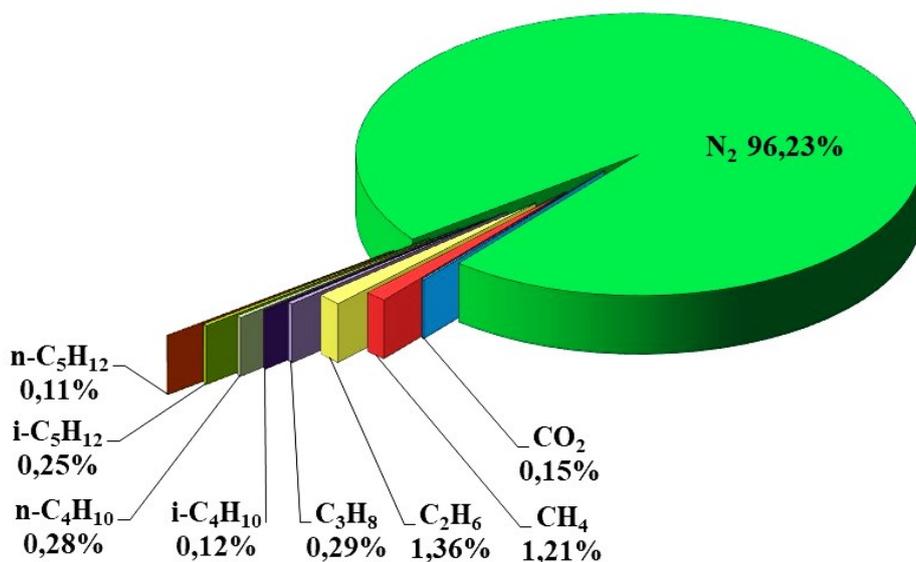


Рис. 2. Диаграмма компонентного состава связанных газов в образцах сильвинитовой породы в исследовательских скважинах

**Заключение.** В результате оценки газоносности соляных пород Белопащинского участка Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей было установлено, что:

Средняя газоносность пород по связанным газам изменяется от 0,014 до 0,045 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, при среднем значении 0,028 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Максимальное значение средней газоносности пород по связанным газам зафиксировано в пласте Б и составляет 0,045 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Минимальное значение – 0,014 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> отмечено в породах пласта З.

По компонентному составу свободные газы – метаново-азотные. Содержание метана изменяется от 0,11 до 23,01%, при среднем значении 8,1%. Максимальное содержание метана зафиксировано в силъвинитовых породах пласта А. Среднее содержание горючих газов в составе свободных газов в карналлитовых породах составляет 6,79%, в силъвинитовых породах – 13,15%, в пластах каменной соли – 1,38%. Среднее содержание углеводородных газов метанового ряда в составе свободных газов в карналлитовых породах составляет 2,05%, в силъвинитовых породах – 1,32%, в пластах каменной соли – 0,17%.

Компонентный состав связанных газов – метаново-азотный. Содержание метана в целом по разрезу изменяется от 0,09 до 12,71%, при среднем значении 2,53%. Максимальное значение отмечено в карналлитовых породах пласта Д. Среднее содержание горючих газов в составе связанных газов в карналлитовых породах составляет 4,77%, в силъвинитовых породах – 1,21%, в пластах каменной соли – 1,39%. Среднее содержание углеводородных газов метанового ряда в составе связанных газов в карналлитовых породах составляет 0,81%, в силъвинитовых породах – 2,42%, в пластах каменной соли – 1,71%.

Газоносность соляных пород Белопашнинского участка по свободным и связанным газам в целом соответствует газоносности пород Верхнекамского месторождения калийных солей как по породам, так и по пластам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Лаптев Б.В. Предотвращение газодинамических явлений в калийных рудниках. – М.: Недра, 1994. – 142 с.: ил.
3. 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.
4. Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: методы прогнозирования и способы предотвращения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. – 208 с.
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. 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.
7. Андрейко С.С., Литвиновская Н.А. Локальный прогноз зон, опасных по газодинамическим явлениям из почвы горных выработок пласта АБ на южной части шахтного поля БКПРУ-4 Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 4. – С. 205-211.
8. Андрейко С.С., Иванов О.В., Нестеров Е.А., Головатый И.И., Береснев С.П. Исследование газоносности соляных пород третьего калийного пласта на шахтном поле Краснослободского рудника // Горн. журн. – 2013. – № 6. – С. 69-73.
9. Тараканов В.А., Головатый И.И., Береснев С.П., Андрейко С.С., Иванов О.В. Исследование газоносности пород пласта третьего калийного горизонта Старобинского месторождения // Горн. журн. – 2010. – № 8. – С.25-27.
10. Инструкция по эксплуатации планетарных шаровых мельниц тип РМ100/РМ200. Retsch GmbH & Co. KG, Naan, Germany, Doc.Nr. D 98.540/640.9999. –2004. –32 с.
11. Нестеров Е.А. Оценка газоносности соляных пород продуктивной толщи Половодовского участка Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 9. / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2011. – С. 270-272.
12. Иванов О.В. Методика и результаты определения газоносности соляных пород по связанным газам методом сухой механической дезинтеграции // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 14 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2016. – С. 312-314.