

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЗОНОСНОСТИ ПО СВЯЗАННЫМ ГАЗАМ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ПРЕДЕЛАХ НОВЫХ ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКОВ

О.В. Иванов

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация.** Представлены результаты количественной и качественной оценки газоносности по связанным газам калийно-магниевого солей и вмещающих пород в пределах Даргановского, Равнинного и Восточно-Гремячинского лицензионных участков. Лабораторные исследования газоносности по связанным газам проводились на специальной лабораторной установке методом сухой механической дезинтеграции, заключающемся в измельчении породы определенной массы до частиц размерами в несколько микрон с постоянным контролем температуры и давления в процессе размола и последующим хроматографическим анализом компонентного состава выделившихся газов.

**Ключевые слова:** лицензионные участки, калийно-магниевого соли, вмещающие породы, газодинамические явления, газоносность пород, связанные газы, компонентный состав, газовый хроматограф.

**Введение.** Газоносность пород включает в себя газоносность по свободным и газоносность по связанным газам. Многочисленными исследованиями по изучению газоносности соляных пород доказано, что газоносность пород по связанным газам составляет 10% от полной газоносности. Повышенная газоносность пород по связанным газам приводит к ослаблению физико-механических свойств пород и повышению вероятности возникновения газодинамических явлений. Газоносность пород по связанным газам в пределах Даргановского, Равнинного и Восточно-Гремячинского лицензионных участков в настоящее время не изучена. В этой связи изучение газоносности пород по связанным газам в пределах данных участков является актуальной задачей. С целью определения доли связанного газа в составе полной газоносности необходимо получить количественную оценку газоносности по связанным газам калийно-магниевого солей и вмещающих пород для возможной последующей корректировки объемов и параметров профилактических мероприятий при вскрытии и подготовке новых лицензионных участков.

**Методика проведения исследований.** Комплекс оборудования для определения газоносности горных пород по связанным газам работает в следующем порядке [1-2]. Образцы пород вручную разрушают до размера 35 мм. Затем с помощью щековой дробилки ВВ 51 образцы породы размалываются до установленного размера (5-10 мм). Из размолотого материала отсеивается необходимая фракция. Заданный объем (100-300 мл) подготовленного материала загружается вместе с 20 мелющими шарами из нержавеющей стали диаметром 20 мм в размольный стакан планетарной шаровой мельницы РМ 100, на который герметично устанавливается специальная крышка с системой РМGrindControl. Выбирается требуемый режим работы мельницы – скорость вращения, длительность измельчения и реверс. В процессе измельчения системой РМGrindControl на персональный компьютер передаются данные давления и температуры в размольном стакане. Подставляя известные и полученные в процессе размола значения давления и температуры в выражение объединенного газового закона с учетом термического коэффициента, рассчитывается объем, выделившегося из породы газа. Соотношение объема выделившегося газа к объему породы является газоносностью пород по связанным газам [3-12].

После окончания размола с помощью пробоотборника через клапан из размольного стакана отбирается проба выделившегося из породы газа для анализа его компонентного

состава. Анализ компонентного состава связанных газов, отобранных из горных 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». Данные хроматографы предназначены для определения состава проб веществ и материалов при выполнении различных исследований и работ в области химии, нефтехимии, анализе природного газа, аналитическом контроле и экологических исследованиях. Данный тип хроматографов имеет сертификат об утверждении типа средств измерений под № 25231, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 16499-06 и допущен к применению в Российской Федерации. Для определения компонентного состава газов в отобранных пробах используется метод абсолютной калибровки. Объемную долю компонентов газа вычисляют сравнением площадей, соответствующих компонентов на хроматограммах испытуемого газа и градуировочной газовой смеси, записанных при одинаковых условиях испытания.

**Результаты исследований.** Исследования проводились на оборудовании ЦКП «Центр исследования свойств геоматериалов» ПНИПУ. Экспериментальные лабораторные исследования газоносности по связанным газам калийно-магниевых солей и вмещающих пород проводились на образцах, отобранных из керна поисково-оценочных скважин Даргановского, Равнинного и Восточно-Гремячинского лицензионных участков.

По представленной выше методике определения газоносности пород по связанным газам способом сухой механической дезинтеграции экспериментальные лабораторные исследования проведены на 61 образце пород. В таблице 1 представлены результаты определения газоносности по связанным газам по участкам.

Таблица 1

Газоносность пород по связанным газам по лицензионным участкам

№	Лицензионный участок	Кол-во образцов	Газоносность, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>		
			Мин.	Макс.	Средняя
1	Даргановский	20	0,029	0,096	0,045
2	Равнинный	21	0,024	0,047	0,035
3	Восточно-Гремячинский	20	0,025	0,044	0,035
	Всего	61	0,024	0,096	0,038

После окончания размола образцов с помощью пробоотборника через клапан из размольного стакана отбирались пробы выделившегося из породы газа, компонентный состав которого анализировался на газовом хроматографе. В таблице 2 представлен средний компонентный состав связанных газов по лицензионным участкам.

Таблица 2

Компонентный состав связанных газов по лицензионным участкам (об.%)

№	Участок	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	Даргановский	5,23	0,45	0,275	0,055	0,021	0,035	0,027	0,014	93,71	0,17
2	Равнинный	9,37	0,10	0,607	0,106	0,016	0,068	0,029	0,043	89,47	0,14
3	Восточно-Гремячинский	12,11	0,17	0,488	0,091	0,015	0,049	0,013	0,020	86,92	0,11
	Всего	8,91	0,24	0,459	0,085	0,017	0,051	0,023	0,026	90,03	0,14

Как видно из таблиц 1, 2 максимальная средняя газоносность пород по связанным газам отмечена в пределах Даргановского участка ( $0,045 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ), в пределах Равнинного и Восточно-Гремячинского участков средняя газоносность по связанным газам одинакова ( $0,035 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ), что в 2-4 раза ниже газоносности по связанным газам пород, опасных по газодинамическим явлениям. Однако, в компонентном составе связанных газов в породах Даргановского участка наименьшее содержание метана (5,23%), чем в породах Равнинного (9,37%) и Восточно-Гремячинского участков (12,11%).

Газоносность и компонентный состав связанных газов в целом по породам представлены в таблицах 3 и 4, соответственно.

Таблица 3

## Газоносность пород по связанным газам

№	Порода	Кол-во образцов	Газоносность, $\text{м}^3/\text{м}^3$		
			Мин.	Макс.	Средняя
1	Ангидрит-галит	1	-	-	0,045
2	Бишофит	1	-	-	0,036
3	Бишофит-карналлит	1	-	-	0,048
4	Галит-карналлит	2	0,037	0,044	0,040
5	Галопелиты	1	-	-	0,044
6	Каменная соль	9	0,029	0,048	0,038
7	Карналлит	18	0,024	0,058	0,034
8	Карналлит-галит	3	0,035	0,046	0,039
9	Карналлит-сильвинит	2	0,032	0,045	0,039
10	Сильвин-галит	1	-	-	0,040
11	Сильвинит	22	0,028	0,096	0,041

Таблица 4

## Компонентный состав связанных газов по породам (об.%)

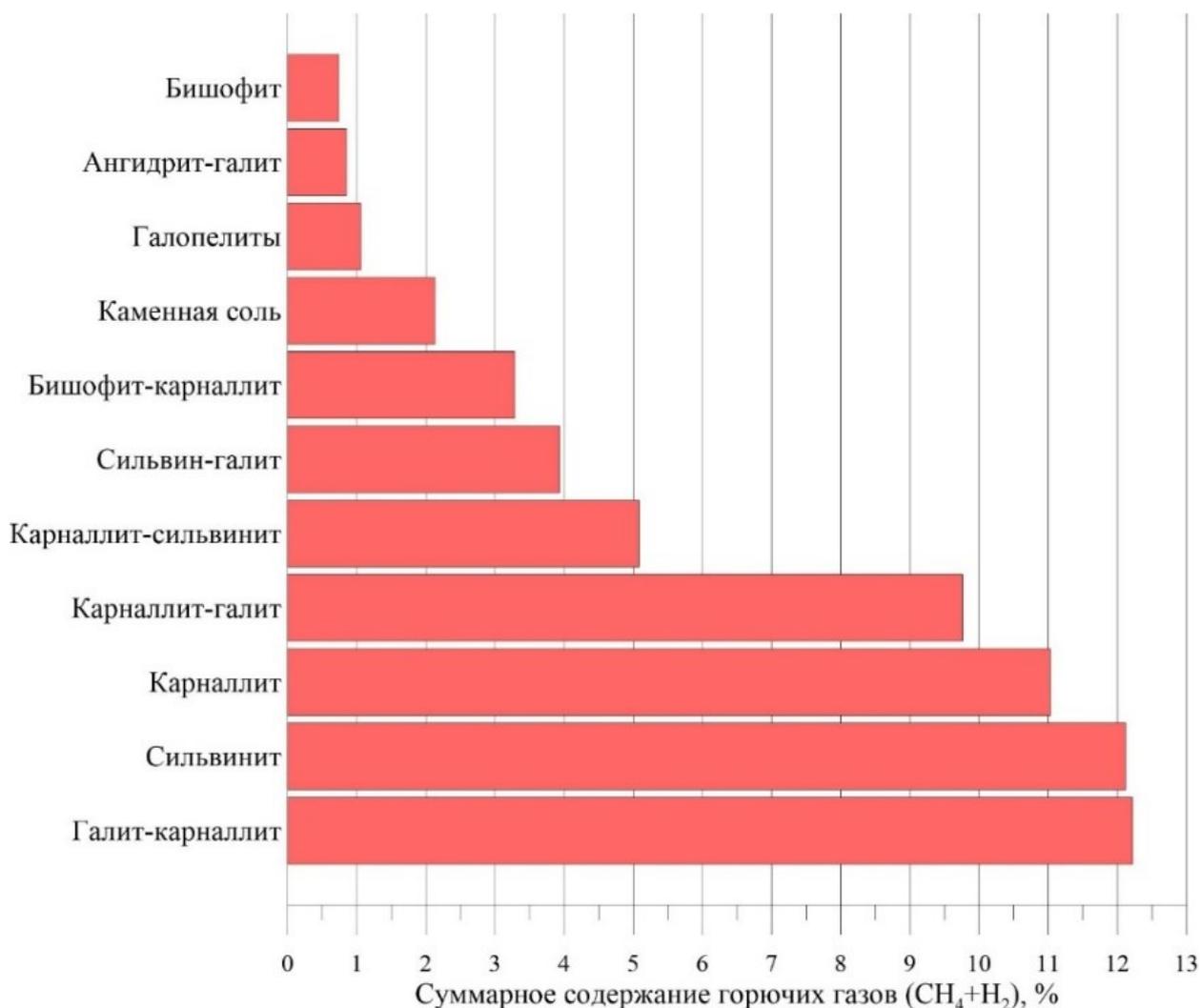
№	Порода	$\text{CH}_4$	$\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	i- $\text{C}_4\text{H}_{10}$	n- $\text{C}_4\text{H}_{10}$	i- $\text{C}_5\text{H}_{12}$	n- $\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{N}_2$	$\text{CO}_2$
1	Ангидрит-галит	0,82	0,03	0,191	0,174	0,193	0,110	0,317	0,053	97,93	0,16
2	Бишофит	0,14	0,60	0,012	0,006	0,005	0,008	0,008	0,005	99,02	0,20
3	Бишофит-карналлит	1,98	1,30	0,179	0,017	0,005	0,006	0,003	0,004	96,36	0,14
4	Галит-карналлит	11,97	0,25	0,197	0,028	0,006	0,013	0,007	0,003	87,39	0,13
5	Галопелиты	0,95	0,11	0,030	0,008	0,002	0,002	0,001	0,001	98,75	0,14
6	Каменная соль	1,96	0,17	0,182	0,049	0,026	0,033	0,046	0,020	97,36	0,15
7	Карналлит	10,81	0,22	0,333	0,044	0,009	0,028	0,008	0,010	88,39	0,14
8	Карналлит-галит	9,52	0,25	0,230	0,048	0,009	0,025	0,008	0,010	89,78	0,12
9	Карналлит-сильвинит	4,78	0,30	0,313	0,061	0,010	0,032	0,008	0,015	94,23	0,24
10	Сильвин-галит	3,82	0,11	0,569	0,305	0,074	0,165	0,067	0,052	94,69	0,13
11	Сильвинит	11,90	0,23	0,804	0,140	0,014	0,084	0,018	0,048	86,59	0,13

В результате выполненных лабораторных исследований установлено, что газоносность по связанным газам калийно-магниевых солей и вмещающих пород представленных образцов из керна поисково-оценочных скважин изменяется от 0,024 до 0,096 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, при среднем значении 0,038 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Минимальное значение газоносности по связанным газам отмечается в образце карналлита № 2 из скважины № 50 Равнинного участка, максимальное значение – в образце сильвинита № 10 из скважины № 67 Даргановского участка.

Повышенные значения газоносности ангидрит-галитовых и бишофит-карналлитовых пород объясняется малым количеством исследуемого материала. При этом, в этих породах отмечается пониженное содержание горючих газов.

По компонентному составу связанные газы в образцах пород – метаново-азотные. Максимальное содержание метана в составе связанных газов – 22,83% обнаружено в образце сильвинита № 10 из скважины № 67 Даргановского участка. В этом же образце зафиксировано максимальное содержание водорода – 2,59%.

На рисунках 1 и 2 представлены диаграммы суммарного содержания горючих газов и углеводородов метанового ряда по породам.



**Рис. 1.** Суммарное содержание горючих газов в составе связанных газов в калийно-магниевых солях и вмещающих породах

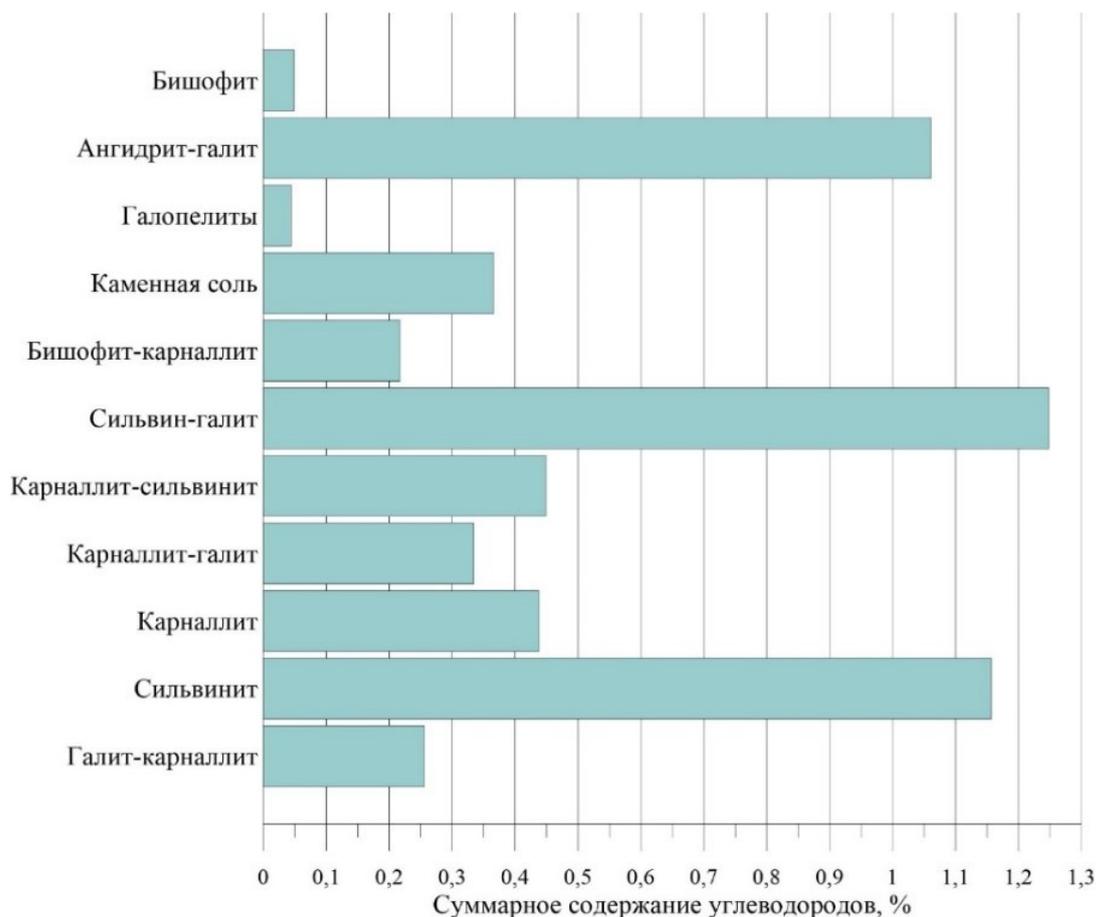


Рис. 2. Суммарное содержание предельных углеводородных газов метанового ряда ( $C_2-C_5$ ) в составе связанных газов в калийно-магниевых солях и вмещающих породах

**Заключение.** Газоносность калийно-магниевых солей и вмещающих пород Даргановского лицензионного участка по связанным газам изменяется от  $0,029$  до  $0,096$   $m^3/m^3$ , при среднем значении  $0,045$   $m^3/m^3$ , что в 2 раза ниже значения повышенной газоносности по связанным газам газоносных и выбросоопасных соляных пород. Газоносность калийно-магниевых солей и вмещающих пород Равнинного лицензионного участка по связанным газам изменяется от  $0,024$  до  $0,047$   $m^3/m^3$ , при среднем значении  $0,035$   $m^3/m^3$ , что в 3 раз ниже значения газоносности по связанным газам соляных пород, опасных по газодинамическим явлениям. Газоносность калийно-магниевых солей и вмещающих пород Восточно-Гремячинского лицензионного участка по связанным газам изменяется от  $0,025$  до  $0,044$   $m^3/m^3$ , при среднем значении  $0,035$   $m^3/m^3$ , что в 3 раза ниже значения повышенной газоносности по связанным газам газоносных и выбросоопасных соляных пород. Ангидрит-галитовые, галитовые, бишофитовые, бишофит-карналлитовые, сильвин-галитовые породы Даргановского, Равнинного и Восточно-Гремячинского участков малогазоносны по связанным газам. Газоносность данных пород по связанным газам в 2-3 раза ниже газоносности выбросоопасных пород.

Максимальное суммарное содержание горючих газов в составе связанных газов обнаружено в галит-карналлитовых (12,22%), сильвинитовых (12,12%), карналлитовых (11,03%) и карналлит-галитовых породах (9,76%). Максимальное суммарное содержание углеводородов метанового ряда отмечается в сильвин-галитовых (1,248%), сильвинитовых (1,157%) и ангидрит-галитовых породах (1,061%).

Газоносность по связанным газам сильвинитовых, карналлитовых, карналлит-сильвинитовых, галит-карналлитовых и карналлит-галитовых пород в пределах Дарга-

новского, Равнинного и Восточно-Гремячинского лицензионных участков практически в 2 раза ниже газоносности пород, опасных по газодинамическим явлениям. Однако, наблюдаются образцы данных пород с повышенной газоносностью, близкой по значениям газоносности пород, опасных по газодинамическим явлениям, а также с повышенным суммарным содержанием горючих газов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00371 а «Газодинамические явления на калийных рудниках: внезапные разрушения кровли и почвы выработок»*

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов О.В. Научно-учебный измерительный комплекс для изучения газоносности горных пород по связанным газам // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 10 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2012. – С. 223-225.
2. 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.
3. Медведев И.И., Полянина Г.Д. Газовыделения на калийных рудниках. – М.: Недра, 1974. – 163 с.
4. 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.
5. Лаптев Б.В. Предотвращение газодинамических явлений в калийных рудниках. – М.: Недра, 1994. – 142 с.: ил.
6. 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.
7. Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: методы прогнозирования и способы предотвращения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. – 208 с.
8. 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.
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. 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/С.С. Андрейко, Н.А. Литвиновская//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал. – 2013.–№ 4.–С.205–211.
11. Головатый, И.И. Исследование газоносности соляных пород Третьего калийного пласта на шахтном поле Краснослободского рудника/С.С. Андрейко, О.В. Иванов, Е.А. Нестеров, И.И. Головатый, С.П. Береснев//Горный журнал. – 2013.–№ 6.–С. 69–73.
12. Тараканов, В.А. Исследования газоносности пород пласта Третьего калийного горизонта Старобинского месторождения/В.А. Тараканов, И.И. Головатый, С.П. Береснев, С.С. Андрейко, О.В. Иванов//Горный журнал. – 2010.–№ 8.–С. 25–27.

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2020.1.21

### ГАЗОНОСНОСТЬ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 18-20 ГЛИНИСТО-КАРБОНАТНЫХ ПАЧЕК III КАЛИЙНОГО ГОРИЗОНТА СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Н.А. Литвиновская  
Горный институт УрО РАН, г. Пермь.

**Аннотация.** Приведены результаты шахтных исследований газоносности и газодинамических характеристик 18 глинисто-карбонатной, 19 соляной и 20 глинисто-карбонатной пачек при проведении вскрывающих II калийный горизонт бремсбергов на шахтном поле Краснослободского рудника 2 РУ ОАО «Беларуськалий». Работы выполняются впервые и приведённые в статье результа-