

## ГАЗОНОСНОСТЬ СОЛЯНЫХ ПОРОД КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖИЛЯНСКОЕ И САТИМОЛА (КАЗАХСТАН)

Г.А. Фортунатов, Н.Ф. Красюк, А.Н. Земсков, О.В. Иванов\*

ООО «ЗУМК-Инжиниринг», Пермь, Россия  
\*Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия

Приводятся результаты научно-исследовательских работ по определению газоносности и выбросоопасности соляных пород калийных месторождений Казахстана на стадии геолого-разведочного бурения, проведенных авторами в 2011–2013 гг. Целью исследований являлось определение величины газоносности и компонентного состава природных газов продуктивных пластов и вмещающих пород, получение исходных данных для расчета вентиляции рудников и прогноз потенциальной газовой опасности при разработке месторождений. Методика проведения работ включала в себя дегазацию проб керн разведочных скважин методом растворения в предварительно дегазированной воде, анализ газопроявлений при бурении и исследования бурового раствора, а также анализ данных по физико-механическим свойствам соляных пород. Дана краткая геологическая характеристика месторождений калийных солей Жилианское и Сатимол, приведены средние по литологическим разностям пород и месторождениям в целом значения газоносности и компонентного состава связанных газов. В результате исследований установлена устойчивая зависимость между содержаниями в пробах водорода и метана. Определена величина общей газоносности по свободным и связанным газам, ожидаемая относительная газообильность по продуктивным пластам и вмещающим породам. Приведено описание газопроявлений, имевших место при геолого-разведочном бурении на месторождении Сатимол. Проведен анализ зафиксированных выбросов и вспениваний бурового раствора, составлена карта распределения газопроявлений по площади месторождения. Отмечена нарушенность породы в интервалах выбросов бурового раствора. На основе полученных материалов сделаны предварительные выводы о выбросоопасности пород месторождения.

**Ключевые слова:** газоносность, природный газ, свободные и связанные газы, выбросоопасность, геолого-разведочные работы, дегазация, выброс бурового раствора, дискование керн, газодинамические явления, прогноз выбросоопасности, месторождение калийных солей, каменная соль, сильвинит, Жилианское месторождение, месторождение Сатимол.

## GAS CONTENT OF SALIFEROUS ROCKS OF POTASSIUM DEPOSITS ZHILIANSKOE AND SATIMOLA (KAZAKHSTAN)

G.A. Fortunatov, N.F. Krasniuk, A.N. Zemskov, O.V. Ivanov\*

LLC "ZUMK-Engineering", Perm, Russian Federation  
\*Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

The paper presents results of the studies carried out in 2011–2013 on gas content and outburst hazard of saliferous rocks at potash deposits in Kazakhstan at the exploratory drilling stage. The studies aimed at determining the gas content and blend composition of natural gases of productive strata and reservoirs, acquiring input data to evaluate mine ventilation and forecasting potential outburst hazard during field development. The research procedure included degassing of core samples of exploration wells by dissolution in the preliminary degassed water, analysis of gas show during drilling and drilling fluids research, data analysis using physical-mechanical properties of saliferous rocks. A short geological description is given to the Zhilianskoe and Satimola potassium salt deposits. Average values of gas content and blend composition of associated gases are given for lithological variety of rocks and deposits in general. The research discovered a strong relation between the content of hydrogen and methane in the samples. The value of overall content of free and associated gases, estimated relative gas abundance in productive strata and reservoirs are determined. The gas shows occurring during the exploratory drilling at the Satimola deposit are described. The analysis of the registered outbursts and foaming of drilling fluids is made. A map of gas shows over the deposit area is produced. Rock dislocations within the intervals of drilling fluid outburst are observed. On the basis of the data obtained preliminary conclusions about outburst hazard of the deposit rocks are given.

**Keywords:** gas content, natural gas, free and associated gases, outburst hazard, exploration drilling, degassing, drilling fluid outburst, core dinking, dynamic gas phenomena, outburst hazard prediction, potassium salts deposit, mineral salt, sylvinit, Zhilianskoe deposit, Satimola deposit.

## Введение

Несмотря на многолетние исследования вопросов газоносности и газодинамических свойств соляных пород, практика ведения горных работ показывает, что газовыделения на калийных рудниках до сих пор зачастую являются препятствием для эффективной добычи руды, а газодинамические явления представляют серьезную угрозу безопасности ведения горных работ. Для проектирования вентиляции рудника и разработки мер борьбы с газопроявлениями на новом месторождении или участке шахтного поля необходимо обладать информацией о газоносности и выбросоопасности соляных пород уже на стадии геолого-разведочных работ.

В 2011–2013 гг. авторами были проведены научно-исследовательские работы по определению газоносности и выбросоопасности соляных пород при геолого-разведочном бурении на калийных месторождениях Сатимола и Жилианское (Казахстан). Целью исследований являлось определение величины газоносности и компонентного состава природных газов продуктивных пластов и вмещающих пород, получение исходных данных для расчета вентиляции рудников и прогноз потенциальной газовой опасности при разработке месторождений. Ниже приводится краткое геологическое описание месторождений и результаты проведенных исследований.

### Результаты исследований Жилианского месторождения

Калийные породы Жилианского месторождения приурочены к западному крылу брахиантиклинальной структуры, вытянутой с севера на юг на расстояние около 35 км, ширина структуры 3–3,5 км. По результатам поисково-разведочных работ в соленосной толще выделено пять горизонтов: нижний – терригенно-галитовый, полигалитовый, ангидрито-галитовый, сильвинитовый, верхний – терри-

генно-галитовый. Углы падения пластов колеблются в широких пределах – 0–60°. Глубина их залегания 235–770 м. В разрезе продуктивной толщи выделяются два горизонта калийных солей: нижний – полигалитовый и верхний – сильвинит-карналлитовый. Полигалитовые породы состоят в основном из полигалита (65 %) и галита (27 %) с незначительной примесью сильвинита, ангидрита, кизерита, кальцита. Породы имеют тонкозернистую структуру [1].

До настоящего времени исследований по изучению газоносности пород на Жилианском месторождении не проводилось, отсутствовал также газовый картаж при бурении геолого-разведочных скважин. Методика, использованная авторами для изучения газоносности, включала в себя дегазацию проб керна разведочных скважин методом растворения в предварительно дегазированной воде (определение газоносности по связанным газам), анализ газопроявлений при бурении и исследования бурового раствора (определение количества свободных газов), а также анализ данных по физико-механическим свойствам соляных пород. Проведенные исследования бурового раствора позволили установить незначительное содержание свободных газов (0,037–0,062 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>). О низком количестве свободных газов говорит также отсутствие газопроявлений при бурении скважин (выбросы и вспенивания бурового раствора и т.д.), которые характерны для разбуривания пород с высокой газоносностью.

Результаты экспериментов по газоносности образцов керна приведены в табл. 1. Средняя газоносность по связанным газам составила 19,4 см<sup>3</sup>/кг (0,04 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>). Минимальное и максимальное значения составили 0,015 и 0,1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> соответственно. Наибольшую газоносность имеют сильвинитовые образцы, наименьшую – чистая каменная соль и полигалит. Состав газов – азотно-углеводородный, средний коэффициент «сухости» ( $CH_4/\sum TU$ ) углеводородных газов – 3,5.

Результаты определения газоносности соляных пород Жилиянского месторождения по связанным газам

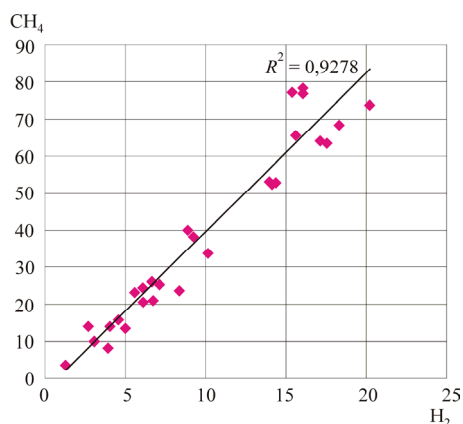
Литология	Кол-во проб	$Q$ , см <sup>3</sup> /кг (м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> )	$Q_{\text{усл.мет.}}$ , см <sup>3</sup> /кг (м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> )	Компонентный состав, об. %				
				N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	ΣТУ
Каменная соль (КС)	25	16,7 (0,04)	6,0 (0,013)	61,96	3,57	16,21	11,27	6,99
КС–ангидрит	5	19,1 (0,04)	4,0 (0,009)	69,71	1,66	17,79	6,4	4,44
Полигалит–КС	7	12,5 (0,03)	5,6 (0,014)	61,85	2,42	22,21	8,4	5,12
КС–полигалит	7	14,9 (0,03)	3,5 (0,008)	69,31	2,29	16,13	7,88	4,38
Сильвинит	5	32,1 (0,07)	16,4 (0,035)	57,33	7,31	8,66	20,12	6,59
Среднее		19,1 (0,04)	6,1 (0,013)	64,03	3,46	16,2	10,81	5,69

Содержание сероводорода, метил- и этилмеркаптанов в пробах определялось на хроматографе с пламенно-фотометрическим детектором. Серосодержащие газы в пробах обнаружены в незначительных количествах (следы).

Общая газоносность по связанным и свободным газам составляет 0,07–0,1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Доля свободных газов в общей газоносности составляет приблизительно 50–55 %. В составе свободных газов по сравнению со связанными несколько больше доля углеводородных газов по отношению к азоту. В составе газов отмечается устойчивая прямая пропорциональная связь между содержанием водорода и метана (рис. 1). Коэффициент линейной корреляции составляет 0,96. Ожидаемая величина газовыделений в руднике с учетом коэффициента неравномерности газоносности по продуктивным полигалитовым пластам составит 0,07 м<sup>3</sup>/т, по сильвинитовым пластам она может достигать 0,15 м<sup>3</sup>/т. Газообильность по условному метану равна 0,03 и 0,07 м<sup>3</sup>/т соответственно. Таким образом, низкая газообильность не будет вызывать необходимости введения на руднике газового режима.

Невысокая газоносность пород, отсутствие выбросов и вспениваний бурового раствора при бурении скважин, а также физико-механические свойства пород свидетельствуют о том, что соляные породы Жилиянского месторождения

не выбросоопасны. Тем не менее в связи со сложным геологическим строением месторождения и наличием нефтеносных пород в подстилающих соляную толщу артинских отложениях представляется возможным наличие «очаговых» газовых скоплений, приуроченных к локальным геологическим нарушениям (зонам замещения, литологическим контактам, тектоническим нарушениям). Такие скопления могут являться очагами газопроявлений [2].

Рис. 1. Связь между содержаниями водорода H<sub>2</sub> и метана CH<sub>4</sub> в составе газовых проб

### Результаты исследований месторождения Сатимола

Совершенно другая ситуация наблюдается на месторождении Сатимола. Месторождение приурочено к ядру куполь-

ной структуры скрытопрорванного типа сравнительно небольших размеров. Длина свода в пять-шесть раз (35 км) превышает ширину (4–8 км). Ядро купола сложено галогенными отложениями, залегающими на глубине 340–360 м от дневной поверхности. На размытой поверхности свода залегают элювиальные отложения гипсовой шляпы, перекрытые мезокайнозойскими терригенными породами. Рудные тела представлены полого-залегающими пластовыми и пластово-линзообразными залежами нередко большой мощности, глубина их залегания составляет от 500 до 1100 м. Минеральный состав рудных тел не выдержан как по простиранию, так и по падению. В составе продуктивных пластов преобладают сильвиниты и сильвин-галитовые породы, полигалит-сильвиниты. Тектонические нарушения с разрывом сплошности не выявлены, характерны только дислокации складчатого характера [3, 4].

Первые газокаротажные исследования в скважинах в пределах купола Сатимола были проведены в 1965–1968 гг. Индерской промысловой геофизической партией треста «Казахстаннефтегеофизика». За указанный период газовый каротаж был проведен в 28 структурных скважинах, из них в 25 скважинах зафиксированы газопроявления. Газовыделения приурочены к соляной толще купола на глубинах, превышающих 500 м, слабые выделения газов отмечены с глубин 300–400 м [3]. На глубинах меньше 500 м содержание углеводородных газов, обнаруженных в скважинах, не превышало 0,1–0,25 об. %, на глубинах более 500 м оно варьировалось от 0,1 до 5 %, в том числе тяжелых углеводородов (ТУ) – от 0 до 4,25 %.

На стадии детальной разведки месторождения в 1984–1985 гг. осуществлялись комплексные газокаротажные исследования в 16 скважинах, кроме того в шести из них проводился анализ проб бурового раствора с помощью хроматомографа ХГ-1Г на предельные углеводороды от  $\text{C}_1\text{H}_4$  до  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ . Суммарное со-

держание углеводородных газов в большинстве скважин не превышало 0,05–0,1 %, и только в одной скважине в интервале 212–222 м достигло 0,15 %.

Обработка данных «Журнала геологических осложнений», фиксирующих газонефтепроявления при бурении геолого-разведочных скважин на месторождении Сатимола в 2008–2010 гг., показала неоднократные случаи выделения газов в течение от нескольких минут до 14 ч. Из 22 пробуренных скважин газопроявления были зафиксированы в 13, в том числе в трех скважинах были отмечены наиболее интенсивные выделения газа, сопровождавшиеся выбросами бурового раствора на высоту до 5 м. Суммарный объем бурения по соляной толще составил 12,9 км (по 22 скважинам), общее количество зафиксированных газопроявлений – 26. Таким образом, частоту газопроявлений можно представить как  $26/12,9 \approx 2$  газопроявления/км.

Аналогичные газопроявления при бурении с поверхности происходят и на других калийных месторождениях. В табл. 2 для сравнения приведены данные по количеству газопроявлений из разведочных скважин некоторых участков Верхнекамского месторождения калийных солей [5]. Как видно из табличных данных, на всех участках выбросы происходили не более чем в 30 % скважин.

На фотографиях керна (рис. 2, а, б), выбуренного из интервалов соляной толщи, в которых произошли выбросы бурового раствора, отчетливо видна нарушенность породы, проявляющаяся в виде разлома керна на диски (дискование керна). Такие разрушения свойственны выбросоопасным породам, характеризующимся высокой газоносностью и низкими физико-механическими свойствами (прочностью на сжатие). В одной из скважин в интервале выброса было полностью разрушено 6 м керна. Три наиболее интенсивных газопроявления приурочены к пластам каменной соли и произошли на глубинах от 414 до 564 м.

Таблица 2

Количество зафиксированных при разведке некоторых месторождений газопроявлений из скважин

Месторождение		Количество скважин, в которых были отмечены газопроявления	Количество скважин с интенсивными выбросами бурового раствора	Общее количество скважин
Верхнекамское	Палашерский участок	19	7	23
	Талицкий участок	Нет данных	5	28
	Балахонцевский участок	Нет данных	4	21
Сатимола		13	3	22



а



б

Рис. 2. Фотографии керна месторождения Сатимола (Казахстан) из интервалов соляного разреза, в которых были зафиксированы выбросы: а – скважина ПР-14, буровая установка LF-230, интервал от 414,0 м, характеристика газопроявлений – был выброшен буровой раствор на высоту около 4 м; интенсивное выделение газа ( $H_2S$  и  $CO$ ) происходило в течение 1 ч с постепенным затуханием интенсивности; в интервале 413–419 м керн полностью разрушен; б – скважина ПР-24, буровая установка LF-90, интервал от 461,0 до 463,0 м, характеристика газопроявлений – интенсивное невзрывоопасное выделение метана; после полного подъема снаряда весь раствор выбросило наружу

Нарушенность керна в интервалах выбросов объясняется тем, что выбросоопасные породы имеют пониженную прочность. Образование газовых скоплений сопровождается нарушением связей между отдельными кристаллами, зернами, слоями, что приводит к снижению прочностных свойств пород и высвобождению микровключенного газа. По данным Б.В. Лаптева, прочность пород во выбросоопасных зонах Верхнекамского месторождения на 25 % и более ниже, чем в неопасных [6]. Результаты аналогичных исследований пород в условиях Индерского месторождения показали, что прочность выбросоопасных пород в среднем в 1,7 раз ниже прочности невыбросоопасных [7]. Вместе с тем выбросоопасная порода относительно более упруга по сравнению с неопасной. Таким образом, в одинаковых условиях нагружения выбросоопасная порода оказывается склонной к хрупкому разрушению (дискованию керна), тогда как обычная порода не разрушается. Эти выводы также подтверждаются исследованиями других авторов [8, 9].

Прослеживается зональность газопроявлений по площади месторождения. Так, большая часть газопроявлений (в частности, все зафиксированные выбросы бурового раствора) приурочены к южной части месторождения, в то время как в северной части газопроявления практически отсутствуют (рис. 3). В трех скважинах, находящихся на одном разведочном профиле и отстоящих друг от друга на 500 м, наблюдается приуроченность интервалов газопроявлений к одному и тому же пласту каменной соли, что может свидетельствовать о наличии обширной газонасыщенной зоны на этом участке шахтного поля.

Полученные материалы свидетельствуют о неравномерности распределения газонасыщенных зон по площади месторождения, что является характерным для калийных месторождений. По мнению Б.В. Лаптева, формирование газонасы-

щенных участков в недрах месторождений является результатом сложных геологических процессов, в ходе которых микровключенный газ переходит в свободную форму и концентрируется в благоприятных «ловушках» [6]. В работе С.С. Андрейко методами математической статистики доказано, что распределение газодинамических явлений при бурении геолого-разведочных скважин с поверхности на отдельных участках калийных месторождений имеет групповой характер, что свидетельствует о существовании региональных зон, в пределах которых происходило образование очагов газодинамических явлений [10].

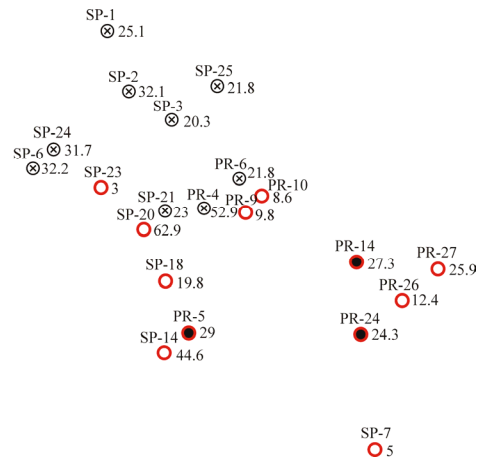


Рис. 3. Карта местоположения скважин месторождения Сатимола со средними по скважине значениями газоносности по связанным газам, см<sup>3</sup>/кг: ● – были зафиксированы газопроявления; ● – газопроявления, сопровождающиеся выбросом бурового раствора; ⊗ – газопроявления отсутствуют

Проведенный анализ газопроявлений при бурении показал необходимость дальнейшего тщательного изучения газоносности пород месторождения Сатимола.

Для определения количества и состава связанных газов был произведен отбор 37 проб керна из 21 скважины. Точки отбора проб были выбраны из соображений обеспечения представительности данных по площади месторождения, промыш-

ленным пластам и вмещающим породам, а также приуроченности их к интервалам, в которых были зафиксированы газопроявления и выбросы бурового раствора из скважин.

Средняя газоносность по связанным газам (табл. 3) составила 28,6 см<sup>3</sup>/кг (0,06 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>). Минимальное и максимальное значения составили 0,007 и 0,2 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> соответственно. Наблюдается большой разброс значений. Приуроченности максимальных и минимальных величин газоносности к конкретным литологическим разностям пород не обнаружено. Максимальные содержания связанных газов приурочены к интервалам нефте- и газопроявлений на большой глубине (756 и 1122 м).

Необходимо заметить, что вследствие нарушенности керна в некоторых интервалах (образцы представлены «половинками» и «четвертинками») и его частичной дегазации истинные значения газоносности пород будут выше. Приведенные в табл. 3 результаты следует считать остаточной газоносностью. С другой стороны, учитывая, что большая часть образцов была отобрана из интервалов, где были зафиксированы газопро-

явления, величина средней по месторождению газоносности по связанным газам будет несколько ниже. Ожидаемая величина общей газоносности по свободным и связанным газам будет составлять от 0,3 до 5,5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и более в выбросоопасных зонах.

Состав газов преимущественно углеводородно-азотный, также в пробах в значительных количествах содержится водород Н<sub>2</sub> и углекислый газ СО<sub>2</sub>. Средний коэффициент «сухости» (СН<sub>4</sub>∑ТУ) углеводородных газов – 11, что значительно выше, чем в газах Жилинского месторождения. Достаточное для количественной интерпретации содержание серосодержащих газов (>0,04 мг/м<sup>3</sup>) обнаружено не было. Ожидаемая величина газовыделений по продуктивным пластам составит 0,2 м<sup>3</sup>/т, в выработках, пройденных по выбросоопасной каменной соли, она может достигать 4 м<sup>3</sup>/т [11]. Тенденций изменения величины газоносности и компонентного состава газа в зависимости от глубины отбора проб не выявлено, что, вероятно, обусловлено небольшим количеством точек опробования и сложной геологией месторождения.

Таблица 3

Результаты определения газоносности соляных пород месторождения Сатимола по связанным газам

Литология	Кол-во проб	Q, см <sup>3</sup> /кг (м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> )	Q <sub>усл.мет.</sub> , см <sup>3</sup> /кг (м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> )	Компонентный состав, об. %				
				N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	∑ТУ
Каменная соль (КС)	19	29,7 (0,064)	31,5 (0,068)	2,39	14,6	14,12	63,58	5,31
КС (бороносная)	4	27,3 (0,06)	33,1 (0,071)	Следы	16,71	7,28	68,01	8,0
Полигалит–сильвинит–галит	4	33,3 (0,07)	12,6 (0,027)	70,76	5,73	0,85	20,2	2,46
Сильвинит	8	25,2 (0,053)	13,8 (0,029)	55,75	7,46	2,85	29,82	4,11
Карналлит-галитовая	2	31,7 (0,056)	19,2 (0,034)	43,76	9,02	6,6	39,26	1,36
Среднее		28,6 (0,06)	22,1 (0,046)	44,48	9,09	2,61	40,29	3,54



В ходе исследований было подтверждено предположение о схожести газодинамических свойств пород месторождения Сатимола и территориально близко расположенного Индерского борнокалийного месторождения, имеющего схожее геологическое строение. В связи с этим для оценки газовой опасности при разработке пластов месторождения Сатимола представляется целесообразным обратиться к опыту эксплуатации Индерского рудника.

Всего на Индерском месторождении зарегистрировано 142 случая внезапных выбросов (рис. 4) [12]. Действительное их количество больше, так как небольшие выбросы, которые не приводили к простоям в забое, на руднике не регистрировались. Внезапные выбросы на Индерском руднике происходили в породах различного минералогического состава, наибольшей интенсивностью характеризуются выбросы карналлитсодержащих пород и каменной соли с включениями ашарита. Изучение форм полостей выбросов, произошедших на Индерском руднике, характера разрушенной породы и газовыделений при бурении шпуров показало, что выделяется два типа внезапных выбросов: внезапные высыпания, происходящие сразу после взрывных работ, и собственно внезапные выбросы породы и газа.

Последствия внезапных выбросов можно систематизировать следующим образом:

1. Имеет место загазование забоя и близлежащих выработок. В ряде случаев загазование забоя происходило и при бурении шпуров по выбросоопасным породам.

2. Полости выбросов объемом 3 м<sup>3</sup> и более нарушают сечения выработок, вызывают необходимость обработки их стенок и уборки обрушенной породы, т.е. ведут к непроизводительным трудовым и материальным затратам.

3. Крупные выбросы служат причиной разрушения или повреждения обо-



а



б

Рис. 4. Полости, образовавшиеся в результате внезапного выброса: а – в стенке; б – в почве выработок (Индерский рудник)

дования, вызывают простои забоев и наносят значительный материальный ущерб [13–15].

### Заключение

В ходе исследований, наряду с лабораторными работами по определению газоносности образцов керна, был проведен комплексный анализ всех полученных при геолого-разведочных работах материалов, имеющих отношение к газодинамическим свойствам пород. Такой подход позволил получить надежные и достаточные для проектирования данные по газоносности и выбросоопасности соляных пород.

Проведя аналогию между бурением скважин с поверхности и проходкой подземных горных выработок, можно условно приравнять малоинтенсивные вспенивания бурового раствора к суф-



лярным газовыделением, а выбросы бурового раствора и инструмента – к газодинамическим явлениям. Анализ таких газопроявлений совместно с данными по газоносности и физико-механическим свойствам пород позволяет сделать предварительный прогноз выбросоопасности пород месторождения и выявить наиболее опасные по газодинамическим явлениям участки.

Основные выводы из проведенных работ следующие:

1. В ходе исследований на калийных месторождениях Жилианское и Сатимолы была успешно опробована комплексная методика определения газоносности и выбросоопасности соляных пород на стадии геолого-разведочного бурения.

2. Определена газоносность по свободным и связанным газам, а также компонентный состав газов соляных пород месторождений Сатимолы и Жилианское. Ожидаемая величина общей газоносности по свободным и связанным газам соляных пород месторождения Сатимолы составит от 0,3 до 5,5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и более в выбросоопасных зонах. Состав газов –

азотно-углеводородный (среднее содержание азота – 44,5 %, углеводородных газов – 43,8 %), в значительных количествах содержится водород Н<sub>2</sub> (9 %) и углекислый газ СО<sub>2</sub> (2,6 %). Установлено, что соляные породы месторождения Сатимолы выбросоопасны, о чем свидетельствует высокая газоносность отдельных образцов, наличие выбросов бурового раствора при бурении скважин, характерная нарушенность керна в интервалах выбросов, а также опыт разработки аналогичного по геологическому строению Индерского месторождения. В этой связи актуальными задачами при ведении горных работ на месторождении Сатимолы будут являться прогнозирование газопроявлений и своевременная разработка превентивных мер борьбы с ними.

3. Общая газоносность пород Жилианского месторождения составляет 0,07–0,1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. В составе газов преобладает азот (в среднем 64 %), метан и тяжелые углеводороды – 16,5 %, углекислый газ – 16 %, водород – 3,5 %. Породы не выбросоопасны, необходимость введения на руднике газового режима отсутствует.

#### Список литературы

1. Калийные соли Казахстана / М.Д. Диаров, К.Т. Тухфатов, Г.С. Утарбаев, Л.Н. Морозов. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 216 с.
2. Изучение газоносности горных пород Жилианского месторождения калийных солей в Актюбинской области Республики Казахстан: отчет о НИР / Земсков А.Н., Красюк Н.Ф., Фортунатов Г.А. [и др.]. – Пермь, 2013. – 46 с.
3. Еркинғалиев М.Б. Геолого-промышленная оценка элювиальных боратов месторождения Сатимолы, 1986.
4. Отчет с подсчетом запасов калийных и бороносных солей месторождения Сатимолы по состоянию на 01.01.2011 / Камашев К.К. Кайназарова Е.Н., Зеинов Б.С. [и др.].
5. Отчет о разведке Верхнекамского месторождения калийных солей / Сапегин Б.И., Белоликов А.И., Дягилев Г.А. // Фонды Пермского ГРТ. – Пермь, 1970.
6. Лаптев Б.В. Научное обоснование прогноза и предотвращения газодинамических явлений при разработке калийно-магниевых солей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 1996. – 38 с.
7. Красюк Н.Ф. Исследование газоносности солевых пород и ее роли во внезапных выбросах: дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1975. – 185 с.
8. Mahtab M.A., Trent B., Yegulalp T.M. A numerical analysis of the mechanics of gas outbursts in salt // VI International Symposium on Salt. – 1983. – Vol. I. – P. 549–560.
9. Ehgartner B., Neal J., Hinkebein T. Gas releases from salt // Sandia National Laboratories report. – 1998. – 42 p.
10. Андрейко С.С., Лялина Т.А. Результаты оценки закономерностей распределения газодинамических явлений при бурении геолого-разведочных скважин с поверхности на Верхнекамском месторождении калийных солей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2011. – № 1. – С. 105–120.

11. Изучение газоносности соляных пород борно-калийного месторождения Сатимола на стадии проведения геолого-разведочных работ и прогноз газового режима рудника: отчет о НИР / Земсков А.Н., Красюк Н.Ф., Fortunatov G.A. [и др.]. – Пермь, 2013. – 47 с.
12. Долгов П.В., Полянина Г.Д., Земсков А.Н. Методы прогноза и предотвращения газодинамических явлений в калийных рудниках. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 176 с.
13. Красюк Н.Ф., Кривцов А.Г. Газоносность пород и газовыделения при подземной разведке Индерского месторождения // Разработка соляных месторождения: сб. науч. тр. – Пермь, 1977. – С. 139–141.
14. Захаров Н.И., Полянина Г.Д., Красюк Н.Ф. Использование геологических факторов в прогнозировании внезапных выбросов на Индерском месторождении // Технология и безопасность горных работ. – Пермь, 1976. – С. 113–120.
15. Полянина Г.Д., Красюк Н.Ф. Газовыделения в подземных выработках Индерского рудника // Разработка соляных месторождений: сб. науч. тр. – Пермь, 1973. – С. 169–175.
16. Molinda G.M. Investigation of methane occurrence and outbursts in the Coat Blanche domal salt mine, Louisiana. Report of investigations, US Bureau of Mines, United States, 1988. – P. 20.
17. Assessment of Methane Hazards in an Anomalous Zone of a Gulf Coast Salt Dome / A.T. Iannacchione, R.H. Grau, A. Sainato, T.M. Kohler, S.J. Schatzel. Report of investigations, US Bureau of Mines, United States. – 1984. – 26 p.
18. Thoms R.L., J.D. Martinez. Blowouts in Domal Salt // Fifth Symposium on Salt. The Northern Ohio Geological Society, Cleveland, Ohio. – 1978. – Vol. 1. – P. 119–134.

#### References

1. Diarov M.D., Tukhfatov K.T., Utarbaev G.S., Morozov L.N. Kaliinye soli Kazakhstana [Potassium salts of Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka, 1983. 216 p.
2. Zemskov A.N., Krasiuk N.F., Fortunatov G.A. [et al.]. Izuchenie gazonosnosti gornyykh porod Zhil'ianskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei v Aktiubinskoi oblasti Respubliki Kazakhstan [Study of gas content of rocks in Zhilyanskoe deposit of potassium salts in Aktobe Province (Kazakhstan)]. Perm', 2013. 46 p.
3. Erkingaliev M.B. Geologo-promyshlennaia otsenka eliuviial'nykh boratov mestorozhdeniia Sati-mola [Geological and industrial assessment of eluvial borates in Satimola deposit], 1986.
4. Kamashev K.K., Kainazarova E.N., Zeinov B.S. [et al.]. Otchet s podschetom zapasov kaliinykh i boronosnykh solei mestorozhdeniia Satimola po sostoianiiu na 01.01.2011 [Report on estimation of reserves of potassium and borate salts in Satimola deposit as of 01.01.2011].
5. Sapegin B.I., Belolikhov A.I., Diagilev G.A. Otchet o razvedke Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Report on exploration of Verkhnekamskoe deposit of potassium salts]. *Fondy Permskogo geologo-razvedochnogo tekhnika*. Пермь, 1970.
6. Laptev B.V. Nauchnoe obosnovanie prognoza i predotvrashcheniia gazodinamicheskikh iavlenii pri razrabotke kaliino-magnievykh solei [Scientific rationale for forecasting and preventing gas-dynamic phenomena in developing reserves of potassium and magnesium salts]. Abstract of the thesis of doctor's degree dissertation. Saint Petersburg, 1996. 38 p.
7. Krasiuk N.F. Issledovanie gazonosnosti solevykh porod i ee roli vo vnezapnykh vybrosakh [Research of gas content of salt rocks and its role in sudden gas outburst]. Thesis of the candidate of technical sciences. Leningrad, 1975. 185 p.
8. Mahtab M.A., Trent B., Yegulalp T.M. A numerical analysis of the mechanics of gas outbursts in salt. *VI International Symposium on Salt*, 1983, vol I, pp. 549–560.
9. Ehgartner B., Neal J., Hinkebein T. Gas releases from salt. *Sandia National Laboratories report*, 1998, 42 p.
10. Andreiko S.S., Lialina T.A. Rezultaty otsenki zakonomernostei raspredeleniia gazodinamicheskikh iavlenii pri burenii geologorazvedochnykh skvazhin s poverkhnosti na Verkhnekamskom mestorozhdenii kaliinykh solei [Results of assessing regularities in distribution of gas-dynamic phenomena in surface drilling of exploratory wells in Verkhnekamskoe deposit of potassium salts]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2011, no. 1. pp. 105–120.
11. Zemskov A.N., Krasiuk N.F., Fortunatov G.A. [et al.]. Izuchenie gazonosnosti solianykh porod borno-kaliinogo mestorozhdeniia Satimola na stadii provedeniia geologorazvedochnykh rabot i prognoz gazovogo rezhima rudnika [Research of gas content of salt rocks in Satimola deposit of boron and potassium at the stage of exploratory operations and forecast of mine gas conditions]. Perm', 2013. 47 p.
12. Dolgov P.V., Polianina G.D., Zemskov A.N. Metody prognoza i predotvrashcheniia gazodinamicheskikh iavlenii v kaliinykh rudnikakh [Methods of forecast and prevention of gas-dynamic phenomena in potassium mines]. Alma-Ata: Nauka, 1987. 176 p.

13. Krasniuk N.F., Krivtsov A.G. Gazonosnost' porod i gazovydeleniia pri podzemnoi razvedke Inderskogo mestorozhdeniia [Gas content and gas emissions in underground exploration in Inderskoe deposit]. *Sbornik nauchnykh trudov "Razrabotka solianyykh mestorozhdenii"*. Perm', 1977, pp. 139–141.

14. Zakharov N.I., Polianina G.D., Krasniuk N.F. Ispol'zovanie geologicheskikh faktorov v prognozirovanii vnezapnykh vybrosov na Inderskom mestorozhdenii [Evaluation of geological factors in forecasting sudden outbursts in Inderskoe deposit]. *Tekhnologiya i bezopasnost' gornykh rabot*. Perm', 1976, pp. 113–120.

15. Polianina G.D., Krasniuk N.F. Gazovydeleniia v podzemnykh vyrabotkakh Inderskogo rudnika [Gas emissions in underground workings of Inderskoe deposit]. *Sbornik nauchnykh trudov "Razrabotka solianyykh mestorozhdenii"*. Perm', 1973, pp. 169–175.

16. Molinda G.M. Investigation of methane occurrence and outbursts in the Coat Blanche domal salt mine, Louisiana. Report of investigations, US Bureau of Mines, United States, 1988. 20 p.

17. Iannacchione A.T., Grau R.H., Sainato A., Kohler T.M., Schatzel S.J. Assessment of Methane Hazards in an Anomalous Zone of a Gulf Coast Salt Dome. Report of investigations, US Bureau of Mines, United States, 1984. 26 p.

18. Thoms R.L., Martinez J.D. Blowouts in Domal Salt. *Fifth Symposium on Salt*. The Northern Ohio Geological Society, Cleveland, Ohio, 1978, vol. 1, pp. 119–134.

#### Об авторах

**Фортунатов Георгий Антонович** (Пермь, Россия) – инженер технического отдела ООО «ЗУМК-Инжиниринг» (614068, г. Пермь, ул. Ленина, 63; e-mail: info@zumk.ru).

**Красюк Николай Филиппович** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, ведущий специалист ООО «ЗУМК-Инжиниринг» (614068, г. Пермь, ул. Ленина, 63; e-mail: info@zumk.ru).

**Земсков Александр Николаевич** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, действительный член Академии горных наук и МАНЭБ, вице-президент по науке и технической политике ГП ЗУМК (614068, г. Пермь, ул. Ленина, 63; e-mail: info@zumk.ru).

**Иванов Олег Васильевич** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29).

#### About the authors

**Georgii A. Fortunatov** (Perm, Russian Federation) – Expert of Engineering Dept., LLC “ZUMK-Engineering” (614068, Perm, Lenina st., 63; e-mail: info@zumk.ru).

**Nikolai F. Krasniuk** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Engineer, LLC “ZUMK-Engineering” (614068, Perm, Lenina st., 63; e-mail: info@zumk.ru).

**Aleksandr N. Zemskov** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Full Member of Academy of Mining Sciences and MANEB, Vice-President for Science and Technical Policy, Corporate Group ZUMK (614068, Perm, Lenina st., 63; e-mail: info@zumk.ru).

**Oleg V. Ivanov** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Exploitation of Mineral Deposits, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29).

Получено 3.04.2014

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Фортунатов Г.А., Красюк Н.Ф., Земсков А.Н., Иванов О.В. Газоносность соляных пород калийных месторождений Жилианское и Сатимола (Казахстан) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2014. – № 11. – С. 88–98.

Please cite this article in English as:

Fortunatov G.A., Krasniuk N.F., Zemskov A.N., Ivanov O.V. Gas content of saliferous rocks of potassium deposits Zhilianское and Satimola (Kazakhstan). *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2014, no. 11, pp. 88–98.