

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗООБИЛЬНОСТИ РАБОЧИХ ЗОН КАЛИЙНОГО РУДНИКА СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н.А. Трушкова, Е.Л. Гришин, Н.А. Ерогов  
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

**Аннотация:** В статье приводятся методика и результаты натуральных исследований фактической газообильности рабочих зон калийного рудника Старобинского месторождения. Обозначены особенности расчета требуемого количества воздуха и указывается важность уточнения расчета по газовому фактору с учетом определенной в ходе исследований относительной газообильности как с точки зрения проветривания рабочих зон, так и с точки зрения определения количества повторно используемого воздуха.

**Ключевые слова:** газоносность, относительная газообильность, калийный горизонт, рабочая зона, расчет требуемого количества воздуха.

В настоящее время на рудниках Старобинского месторождения калийных солей не проводятся систематические исследования газовой обстановки рабочих зон, а определяющими факторами при выполнении расчета требуемого количества воздуха являются тепловой и пылевой факторы. Значительное увеличение интенсивности ведения горных работ, а также существенное изменение условий и глубины ведения горных работ в пределах одного горизонта ставит задачу проведения детальных исследований по определению фактической газообильности рабочих зон рудников Старобинского месторождения с целью уточнения расчета количества воздуха по газовому фактору.

Как показывают исследования [1-3], газоносность пластов для разных рудников различается, а газообильность при ведении горных работ может зависеть от многих факторов. Также фактор «газы» является определяющим при расчете количества повторно используемого воздуха. С целью минимизации загрязнения рудничной атмосферы повторно используемым воздухом необходимо знать фактическую газообильность рабочих зон, для этого необходимо проведение замеров концентрации горючих газов на свежей и исходящей струях с фиксированием расхода воздуха.

### Особенности расчета количества воздуха

В настоящее время расчет требуемого количества воздуха по фактору «газы» в соответствии с [4] может быть выполнен с учетом фактической газообильности, а при отсутствии фактических данных с учетом газоносности пластов.

Если фактическая газообильность рабочей зоны по соответствующим газам известна и определена в ходе газо-воздушной съемки, то расчетное количество воздуха может быть определено по следующей формуле:

$$Q_3 = \frac{100 \cdot q \cdot J}{(C - C_0)}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (1)$$

где  $q$  – относительная газообильность выработок рабочей зоны по соответствующим газам,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $J$  – производительность комбайна,  $\text{т}/\text{мин}$ ;  $C$  – предельно допустимая концентрация соответствующих газов (согласно требований ППБ РБ), %;  $C_0$  – концентрация соответствующих газов в рудничном воздухе, поступающем к забою, %.

В случае отсутствия фактических данных об относительной газообильности рабочей зоны используется следующее выражение:

$$Q_3 = \frac{100 \cdot g \cdot K_n \cdot K_g \cdot J}{j \cdot (C - C_0)}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (2)$$

где  $g$  – газоносность пласта по соответствующим газам,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $K_n$  – коэффициент неравномерности газоносности по соответствующим газам;  $K_g$  – коэффициент дегазации отбитой горной массы;  $j$  – объемный вес руды в массиве,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $J$  – производительность комбайна,  $\text{т}/\text{мин}$ ;  $C$  – предельно допустимая концентрация соответствующих газов (согласно требований ППБ РБ [5]), %;  $C_0$  – концентрация соответствующих газов в рудничном воздухе, поступающем к забою, %.

Исходные данные для расчета количества воздуха с учетом газоносности приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Газоносность пластов по метану

Показатель	Наименование горизонта		
	I	II	III
Газоносность по метану – $g, \text{м}^3/\text{м}^3$	0,1	0,1	0,2
Коэффициент неравномерности газоносности – $K_n$	1,35	1,57	1,72
Относительная газообильность – $q_2, \text{м}^3/\text{м}^3$	0,01	0,01	0,02

Таблица 1 составлена на основании исследований газоносности рудников Старобинского месторождения [1-3] и других, данные по относительной газообильности вычислены на основании газоносности по свободным газам с учетом объемного веса пород.

Как правило, в настоящее время для расчета количества воздуха по газовому фактору используется формула (2), где учитываются данные по газоносности по свободным газам, приуроченные к калийным горизонтам для всего месторождения в целом, а данные фактической газообильности не определяются, как не проводятся и систематические исследования газовыделений при работе добычного оборудования.

Также особое внимание стоит уделить расчету количества повторно используемого воздуха, так как его результаты основываются на определении расходов воздуха по газовому фактору и для рабочих зон выполняются по формуле:

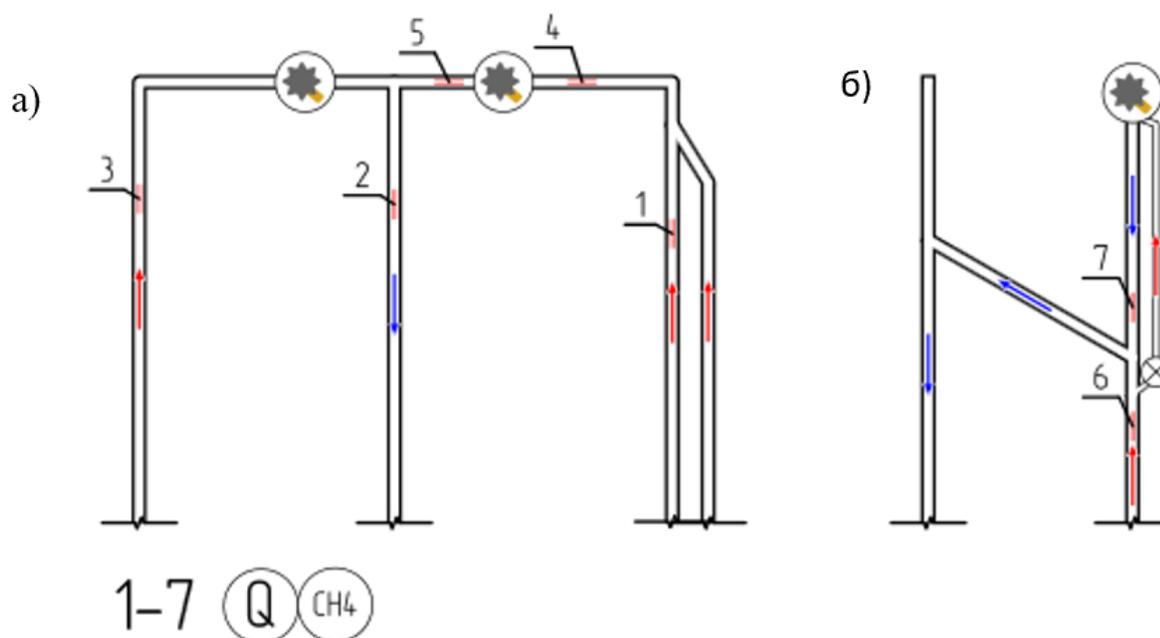
$$Q_{\text{рз}}^{\text{рец}} = \sum K_y \cdot (Q_3 - Q_3^r), \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (3)$$

где  $Q_3$  – количество воздуха для проветривания отдельных забоев,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $K_y$  – коэффициент, учитывающий утечки воздуха;  $Q_3^r$  – количество воздуха, необходимое для ассимиляции газовыделений в отдельных забоях.

Таким образом, определение фактической относительной газообильности рабочих зон является актуальной и важной задачей для уточнения расчета количества воздуха по газовому фактору и дальнейшего определения максимального количества повторно используемого воздуха. Для изучения газовой обстановки необходимо выполнить отбор проб рудничного воздуха с их последующей обработкой.

### Отбор проб и определение относительной газообильности

На исследуемом руднике применяется столбовая система разработки. Особенности определения относительной газообильности в длинных очистных забоях и источники поступления газа в очистное пространство лавы описаны в труде [6], однако наиболее полно методика отбора и обработки проб, разработанная на основании [7], описывается в [8, 9], это используется при изучении газовой обстановки с учетом корректировки мест отбора проб относительно объекта исследования. Для определения относительной газообильности рабочих зон производится отбор проб рудничного воздуха на входящих и исходящих струях, выполняются замеры концентраций горючих газов, измерение расходов воздуха и фиксируется количество отбитой руды в каждой рабочей зоне. Места проведения замеров расходов воздуха и места отбора проб для очистных и подготовительных комплексов показаны на рисунке 1.



1-конвейерный штрек; 2-вентиляционный штрек; 3-бортовой транспортный штрек; 4,5-очистной забой (лава); 6,7-входящая/исходящая струи

**Рис. 1.** Места отбора проб и замеров количества воздуха для:  
а) очистных комплексов, б) подготовительных комплексов

Выбор мест проведения измерений и отбора проб воздуха для подготовительных комплексов, приведенный на рис. 1б, вполне очевиден с учетом места работы комбайнового комплекса и места размещения вентилятора местного проветривания, тогда как для очистных комплексов в длинных очистных забоях задача выбора места отбора проб не вполне тривиальна. При этом в обязательном порядке выполняются измерения не только за комбайновым комплексом, но и на общей исходящей струе. Также учитываются особенности механизации (однокомбайновая и двухкомбайновая лава) и проветривания участка (центральный или бортовой вентиляционный штрек), а также фиксируются аэродинамические связи с обрушенным пространством и поступление воздуха из закрепного пространства.

Для проведения замеров расходов воздуха и газовой съемки, включающей как отбор проб рудничного воздуха, так и определение концентрации газов в точке замера экспресс-методами, используются следующие приборы и оборудование:

- крыльчатый анемометр АПР-2, производства фирмы «Экотехинвест» (абсолютная погрешность измерения  $\pm(0,1+0,05 \cdot v)$  м/с);
- дальномер DISTO D2 производства фирмы Leica (абсолютная паспортная погрешность измерения  $\pm 0,0015$  м);
- газоанализатор портативный X-am 5000, производитель Dräger (метан, оксид углерода, сероводород, кислород, двуокись серы);
- пробоотборники;
- газовый хроматограф Хромос ГХ 1000;
- газовый хроматограф Хроматек Кристалл 5000.

Для отбора проб рудничного воздуха при определении концентраций горючих газов в горных выработках используется «мокрый способ» и метод отбора проб в герметичные шприцы.

На первоначальном этапе отобрано 75 проб в 10 рабочих зонах очистных и подготовительных комплексов, находящихся в работе. Отобранные пробы обработаны с помощью хроматографического анализа, на основании обработки проб определена концентрация горючих газов, эти данные используются для определения относительной газообильности.

Как было сказано ранее, первоначально определяется количество горючих газов  $I_i$ , проходящих через точку замера следующим образом:

$$I_i = 0,01 \cdot Q \cdot C, \quad (4)$$

где  $I_i$  – количество газа, проходящего через точку замера ( $\text{м}^3/\text{мин}$ );  $n$  – число проб воздуха ( $n = 3$ ).

Далее определяется относительная газообильность рабочей зоны по формуле:

$$g = \frac{t \cdot (I_{\text{ср.исх}} - I_{\text{ср.св}})}{A}, \quad (5)$$

где  $I_{\text{ср.исх}}$  – среднее количество газа, проходящее по выработке на исходящей струе ( $\text{м}^3/\text{мин}$ );  $I_{\text{ср.св}}$  – среднее количество газа, проходящее по выработке на свежей струе ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ),  $t$  – время отбора проб (мин);  $A$  – количество руды, отбитое комбайновым комплексом за время отбора проб (тонн).

Результаты измерения относительной газообильности для первого и третьего калийных горизонтов рудника приведены в таблице 2.

Результаты измерений, приведенные в таблице 2, показали, что значения относительной газообильности для очистных комплексов выше значений, указанных в инструкции [4]. Повышенные значения относительной газообильности для очистных комплексов указывают на то, что газовыделение происходит не только в процессе отбойки, но и из обрушенного пространства, а его интенсивность зависит от особенностей расположения выработок и проветривания участка. Это указывает на то, что применение в расчете фактической газообильности наиболее полно учитывает газовую обстановку в рабочих зонах и приводит к наиболее точному расчету количества повторно используемого воздуха.

Аналогичные исследования фактической газообильности рабочих зон следует провести на всех рудниках Старобинского месторождения.

Таблица 2

Результат измерений относительной газообильности  
на очистных и проходческих комплексах

Калийный горизонт	Место замера	Относительная газообильность $\text{CH}_4$ , g, м <sup>3</sup> /т	
		Замеренная	По инструкции
I	ПК № 1	0,001161160	0,0048
	ПК № 2	0,001798546	
	ПК № 3	0,004846061	
	Лава № 1	0,077441627	
	Лава № 2	0,066563207	
III	ПК № 4	0,000297450	0,0095
	ПК № 5	0,000118080	
	ПК № 6	0,003931600	
	ПК № 7	0,007101818	
	Лава № 3	0,027451615	

**Выводы**

В рамках выполненных исследований получены данные фактической относительной газообильности рабочих зон очистных и проходческих комплексов калийного рудника Старобинского месторождения.

Исследования показали, что фактическая газообильность рабочих зон очистных комплексов выше значений относительной газообильности, указанных в инструкции по расчету требуемого количества воздуха, что говорит о необходимости учета полученных данных при расчете требуемого количества воздуха для рабочих зон и для расчета повторно используемого воздуха.

В дальнейших исследованиях следует рассмотреть газовую обстановку более детально на предмет выявления зависимостей величины газообильности от глубины ведения горных работ, газоносности обрабатываемых пластов, мест ведения горных работ (калийный горизонт) и горно-технических условий (наличие или отсутствие ранее отработанных участков в непосредственной близости от места проведения исследований).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ  
в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР 124020500030-7).*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. 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 Краснолободского рудника // Горн. журн. – 2013. – № 6. – С. 69-73.
2. 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.
3. 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. – Пермь: изд-во ПНИПУ, 2015. – 159 с.

4. Инструкция по расчету количества воздуха, необходимого для проветривания рудников Старобинского месторождения – Минск; Солигорск; Пермь, 2018.
5. Правила промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений республики Беларусь. – Солигорск, 2014.
6. 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.
7. Стариков А.Н., Мальцев С.В., Исаевич А.Г. Совершенствование подхода к определению относительной газообильности рабочих зон рудников Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 9. – С. 99-113. – DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_9\_0\_99.
8. Методика измерений объемной доли кислорода, метана, диоксида углерода и массовой концентрации оксида углерода, сероводорода, окисла азота и диоксида азота в атмосфере горных выработок и определения газообильности по горючим газам в горных выработках и шахте в целом: ФР.1.31.2022.42903 №00000247.02.22-30058–1 от 28 февр. 2022 г. / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2022.
9. МВИ ХРОМОС 01-2019. Методика измерений объемной доли оксида углерода, диоксида углерода, метана, водорода, кислорода в воздухе рудничном и воздухе рабочей зоны газохроматографическим методом. ФР.1.31.2019.33719 / «ООО ХРОМОС». – 2019.