УДК 622.831

Ю.Г.СИРЕНКО, *канд. техн. наук, доцент, sirenkoyg@mail.ru*
А.В.БРОВКО, *студент, threei@bk.ru*
А.А.САНКОВСКИЙ, *студент, sankovsky@bk.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

Y.G. SIRENKO, *PhD in eng. sc., associate professor, sirenkoyg@mail.ru*
A.V. BROVKO, *student, threei@bk.ru*
A.A. SANKOVSKY, *student, sankovsky@bk.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСООПАСНОСТИ СОЛЯНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ ИХ ОБЪЕМНОЙ УСАДКИ ПРИ РАСТВОРЕНИИ

Работа посвящена исследованию выбросоопасности соляных пород на основе измерения их объемной усадки. Предложена конструктивная схема прибора для эффективного измерения объема микровключенного газа в породе. На основе этих измерений выявлен критерий выбросоопасности.

***Ключевые слова*:** критерий выбросоопасности, соляные породы, микровключенный газ.

RESEARCH OF THE PROBABILITY OF SUDDEN SALT ROCK OUTBURSTS ON THE BASIS OF MEASURING OF THEIR VOLUME SHRINKAGE

The article is devoted to research of probability of sudden salt rocks outbursts on the basis of measuring of their volume shrinkage. The design scheme of the device for measuring quantity of the microincluded gases in rocks is proposed. Criteria to estimate the possibility of sudden salt rocks outbursts is revealed.

***Key words*:** criteria of probability of outbursts, salt rocks, microincluded gas.

Газы, содержащиеся в соляной породе в свободном или связанном микровключенном состоянии, характеризуют ее газоносность, знание о которой необходимо для управления технологическими процессами добычи калийной руды. Измерение свободных газов в породе не представляет особых технических сложностей, поэтому в научно-технической литературе имеется представительная информация о них. Измерение объема микровключенных газов в соляных породах, особенно в шахтных условиях, вследствие отсутствия достаточно обоснованной методики и необходимых приборов, пока является сложной задачей. Для лабораторных исследований используют отработанный метод высоковакуумной эвакуации микровключенных газов из соляной породы, однако время проведения одного опыта достигает 10 ч, что исключает использование этого метода при массовых экспериментах. Эвакуация газов из породы проводится методом повторного растворения, что, как предполагается, позволяет исключить растворение газов и тем самым повысить точность измерений.

Еще в Ленинградском горном институте им. Г.В.Плеханова была поставлена задача разработать простой, но надежный прибор для измерения объема микровключен-

ных газов в шахтных и лабораторных условиях. Такой прибор и ряд его модификаций в виде действующих образцов были разработаны и используются в промышленных условиях [1].

Эксплуатация образцов прибора позволила выявить характерные особенности устройства, влияющие на точность измерений и конструктивные параметры. Она подтвердила положение о том, что данный тип приборов можно отнести к техническим, а в определенных условиях и к образцовым средствам измерения. В приборе реализуется известный закон Бойля-Мариотта (PV = const) в дифференциальной форме. Поскольку объем микровключенных газов в соляных породах невелик, его измерение необходимо производить с высокой точностью, что накладывает особые условия на конструктивные параметры прибора и, особенно, на измерение приращений давления и объема.

Остальные конструктивные элементы прибора определяются по известным нормам и ГОСТам, поэтому в методике не рассматриваются.

Прибор представляет собой газовый объемометр индивидуального использования, который предназначен для измерения объемов газообразной, жидкой и твердой фаз вещества и его превращений. В частности, он предназначен для измерений газовыделения из породы и объемной усадки соляной породы при растворении [2]. Таким образом, прибор включает зону растворения $V_р$, зону приема свободного газа V_1, переменный калиброванный объем $V_к$ и измерительную систему $V_{и.с}$. Все эти объемы взаимосвязаны, причем объемы $V_к$,V_1 и приращение объема, создаваемое дозирующим устройством, ΔV связаны с высотой шкалы (h) или пределами измерения U-образного манометра. Объем зоны растворения прямо не влияет на точность показаний прибора и определяется только интервалом времени растворения пробы соляной породы заданной массы. По этим двум параметрам с учетом особенности размещения пробы породы в зоне растворения определяется необходимое количество растворителя. Подробно этот вопрос в данной методике не рассматривается [3].

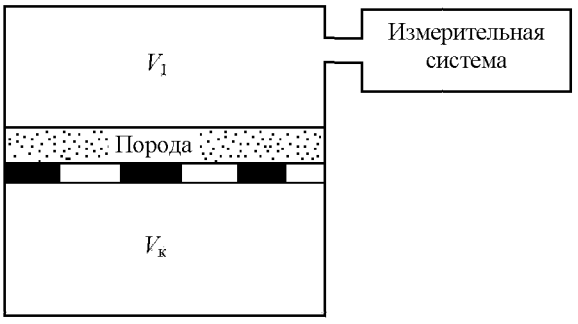


Рис.1. Конструктивная схема прибора

Таким образом, полный внутренний объем (V) прибора можно представить суммой объемов:

$$V = V_р + V_1 + V_к + V_{и.с}.$$

Под свободным понимаем пространство, доступное для газов. Очевидно, что чем меньше это пространство, тем выше точность параметров измеряемых прибором. С другой стороны, существует зависимость между этим пространством и пределами измерения манометра.

Зона приема свободного газа может изменяться в пределах $V_0 + V_{и.с} \le V_1 \le V_0 + V_{и.с} + (V_к - \Delta V)$, где V_0 – начальный объем зоны приема свободного газа (рис.1). Дозирующее устройство представляет собой откалиброванное поршневое устройство, снабженное точным отсчитывающим приспособлением. Определение минимальной зоны приема свободного газа производим, исходя из заданной точности определения объема газовыделения $\Delta V_г$.

При этом априорно принимаем, что такое газовыделение отразится в перемещении столба жидкости в манометре на величину $H_{min} = k\Delta h$, где k – коэффициент барометрического разрешения, целое число, $k \ge 1$; Δh – точность измерений U-образного манометра, мм.

Учитывая сказанное, минимальный объем зоны приема газа определяем по формуле

$$(V_1)_{min} = \frac{\Delta V_г (H_б + k\Delta h)}{k\Delta h} = \Delta V_г \left(\frac{H_б}{k\Delta h} + 1\right),$$

где $H_б$ – высота столба жидкости, соответствующая барометрическому давлению $P_б$.

Поскольку в минимальную зону приема входит объем измерительной системы $V_{и.с}$, необходимо конструктивно выполнить прибор так, чтобы объем $(V_1)_{min}$ стремился к объему $V_{и.с}$. Поскольку внутренний объем прибора включает переменный объем $V_к$, необходимо конструктивно обеспечить отключение прибора при минимальном газовыделении из породы. Этого можно достичь либо установкой крана между указанными объемами, либо достаточным для закрытия соединительного отверстия перемещением поршня.

Далее определяем максимальное значение объема зоны приема газа. Для этого предполагаем, что при максимальной ожидаемой газоносности пробы породы высота подъема жидкости в U-образном манометре не превысит верхнего допустимого предела измерительной шкалы h. При этом следует обращать внимание на усадку соляной породы при растворении. Таким образом, влияние газовыделения и усадки на объем зоны взаимно компенсируется. Если объемы газовыделения и усадки будут равны, уровень жидкости в манометре останется неизменным.

Исследования показывают, что зачастую в породах отсутствуют микровключенные газы, однако усадка соляных пород при растворении наблюдается всегда, поэтому зона приема газа должна быть достаточной для компенсации усадки до верхнего предела шкалы. Для этого максимальный объем зоны приема определяем по формуле

$$(V_1)_{max} = V_{ус}\left(\frac{P_б}{h} - 1\right),$$

где $V_{ус} = k_V V_с$ – объем усадки соляного компонента породы, см^3; k_V – коэффициент объемной усадки; $V_с$ – объем соляного компонента породы, см^3.

Конструктивно схема прибора принята такой, что соединительное отверстие между объемами $V_к$ и V_0 перекрывается поршнем, тем самым исключается запорный кран. Объем поршневой полости прибора определяется по формуле

$$V_п = H_б \frac{V_{ус} h\Delta h - \Delta V_г h}{k\Delta h h} - (V_{ус} - \Delta V_г).$$

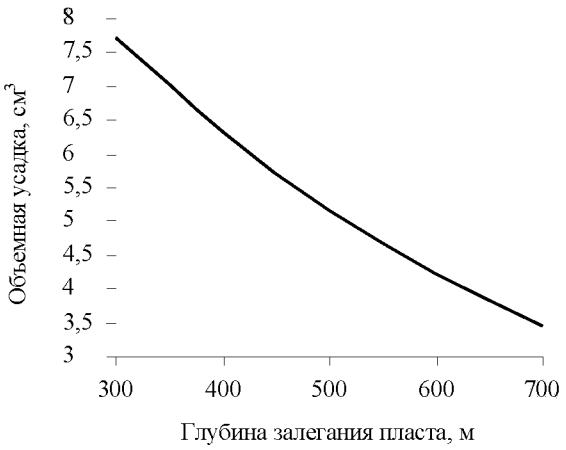


Рис.2. Зависимость объемной усадки соляного компонента породы от глубины залегания пласта

Прибор, разработанный в соответствии с данной методикой и предназначенный для прогнозирования выбросоопасности (газоносности, усадки соляного компонента и др.), был использован для исследования усадки соляного компонента на рудниках РУП ПО «Беларуськалий».

Удельный объем соляного компонента в кристалле с увеличением плотности уменьшается, а удельный объем того же компонента в растворе зависит только от массы компонента или концентрации раствора, поэтому его значение остается неизменным для данной массы. Следовательно, объем усадки соляного компонента с увеличением его плотности будет уменьшаться. Обработка экспериментальных данных для указанных калийных пластов позволила получить экспоненциальную зависимость между глубиной залегания соляных пластов и усадкой соляного компонента в растворе (рис.2).

Таким образом, приведено обоснование влияния напряженно-деформированного состояния соляных пород на плотность соляного компонента и показано, что это влияние численно тем больше, чем выше уровень горного давления.

В результате исследований был выявлен также критерий выбросоопасности:

$$k = 1 + \frac{|\Delta P_{max}|}{\Delta P_{ср}},$$

где ΔP_{max} – максимальное изменение давления в приборе при растворении проб породы из нарушенной зоны; $\Delta P_{ср}$ – среднее значение депрессии в приборе при растворении проб пород ненарушенных участков пласта.

При значении критерия $k = 0{,}1 \div 0{,}2$ породы зоны можно отнести к угрожающим, горные работы ведутся с повышенными мерами безопасности; при $k \geq 0{,}2$ цикл противовыбросных мероприятий проводится в полном объеме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нормативные и методические документы по ведению горных работ на Старобинском месторождении калийных солей / НТП «Горняк». Солигорск – Минск, 1995. 214 с.

2. *Сиренко Ю.Г.* Влияние нерастворимого осадка на величину усадки соляного компонента горной породы и время растворения ее в воде / Ю.Г.Сиренко, А.С.Кириченко // Сб. трудов Пермского политехнического института. 1989. С.55-59.

3. *Сиренко Ю.Г.* Усадка соляной породы выбросоопасных соляных пластов при растворении – индикатор напряженно-деформированного состояния массива / Ю.Г.Сиренко, А.С.Кириченко // Сб. трудов Пермского политехнического института. 1989. С.75-81.

REFERENCES

1. Regulations and methodical documents for mining works at potash deposit «Starobinskoe» / NTP «Gorniak». Soligorsk – Minsk, 1995. 214 p.

2. *Sirenko Y.G., Kirichenko A.S.* Influence of the insoluble residue on the shrinkage of the salt component and on the time of salt rock's dissolution in water // Proceedings of the Perm Politechnical Institute. 1989. P.55-59.

3. *Sirenko Y.G., Kirichenko A.S.* The shrinkage of the salt rocks during dissolution is an indicator of stress-and-strain state of rock strata // Proceedings of the Perm Politechnical Institute. 1989. P.75-81.

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент *Ю.Г.Сиренко*