

УДК 622

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА ШАХТНОГО МЕТАНА

Герасимов А. В., старший инженер

Научный руководитель: Тайлаков О.В., д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе и стратегическому развитию ФГБОУ ВО «КузГТУ», ведущий лабораторией ФГБНУ «ФИЦ УУХ СО РАН» г. Кемерово
г. Кемерово

Образование метана в угленосных толщах является не до конца изученным процессом. Мнения исследователей по происхождению метана расходятся. Одни считают его происхождение продуктом биохимических реакций, так называемый биогенный метан, но так же есть предположения, что метан в угольные толщи проникает путем миграции по трещинам и порам из мантийных слоев, тем самым насыщая уголь метаном абиогенного происхождения.

По источникам образования можно выделить метан:

1. Образовавшийся в угольных толщах и вмещающих породах на разных этапах формирования. Содержание такого метана возможно спрогнозировать.

2. Образованный на больших глубинах: а) поступает из глубоко залегающих угольных пластов, нефтяных или газовых залежей, находящихся ниже угольных месторождений; б) мантийный метан, поступающий по различным каналам из глубин.

3. В угольных толщах, образованный в результате химических реакций. Данный источник метана опасен тем, что его спрогнозировать практически невозможно, так как он формируется локально [1].

В целях повышения эффективности дегазации угольных пластов и функционирования вентиляционных систем угольных шахт на основе анализа газораспределения очистных и подготовительных участков нами предложено использовать данные о содержании стабильных изотопов углерода-12 и углерода-13 в шахтном и вентиляционном метане, получаемые с применением современного газоаналитического лабораторного оборудования. Современные методы определения возраста и природы происхождения метана (CH_4) основаны на регистрации в нем содержания стабильных изотопов углерода-12 и углерода-13 с учетом их природной распространенности 98,94 % и 1,08 % [2, 3]. В анализе изотопного состава углеводородов принят международный стандарт PDB, который связан с содержанием изотопов углерода в белемни-тах формации PeeDee, расположенной в Южной Каролине в США и характеризующейся весьма однородным углеродно-изотопным составом $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{PDB}} = 0,0112372$. Смещение изотопного состава углерода относительно PDB определяется следующим образом

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{обр}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{PDB}}} - 1 \right] \cdot 10^3, \quad (1)$$

где $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{обр}}$ – отношение содержания углерода-13 и углерода-12 в исследуемом образце.

При этом по изотопному составу углерода наиболее тяжелыми являются мантийные газы с $\delta^{13}\text{C} = -10 - -30 \text{ ‰}$, а наиболее легкими – газы, образованные в результате биохимических процессов ($\delta^{13}\text{C} = -50 - -80 \text{ ‰}$). Для газов нефтегазовых месторождений $\delta^{13}\text{C} = -30 - -50 \text{ ‰}$ [4,5].

Содержание данных изотопов в шахтной атмосфере определяется в лабораторных условиях на взятых в угольных шахтах образцах угля и шахтной атмосферы, которые отбирались непосредственно в горных выработках нескольких угольных шахт Кузбасса. Лабораторные измерения углерода-12 и углерода-13 (рис. 1, 2) в шахтном метане проводились методом прямой абсорбционной спектроскопии. При этом извлеченный уголь помещался в герметичные сосуды, из которых для проведения анализа отбирался газ при помощи шприца. Выполненные измерения позволили установить, что метан, отобранный непосредственно из угольных проб, имеет более высокое содержание углерода-13 ($\delta^{13}\text{C} = -35,0036 - -37,8762 \text{ ‰}$) в отличие от метана, содержащегося в горных выработках и выработанном пространстве ($\delta^{13}\text{C} = -40,7284 - -56,1314 \text{ ‰}$).

Таблица

Смещения изотопного состава углерода относительно международного стандарта PDB для условий шахты «А»

Номер пробы	Место отбора пробы	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	Генезис метана
1.	Горная выработка (шахтная атмосфера-проба 1)	-40,7284	Термогенный
2.	Горная выработка (шахтная атмосфера-проба 2)	-56,1314	Биогенный
3.	Угольный пласт (проба угля 1)	-37,8762	Термогенный
4.	Угольный пласт (проба угля 2)	-35,0036	Термогенный

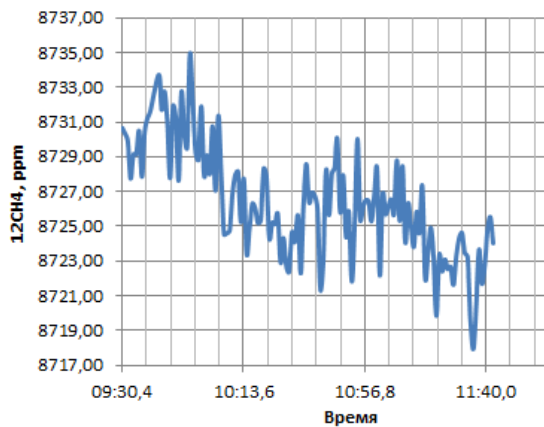


Рис. 1. Измерение изотопов углерода ^{12}C

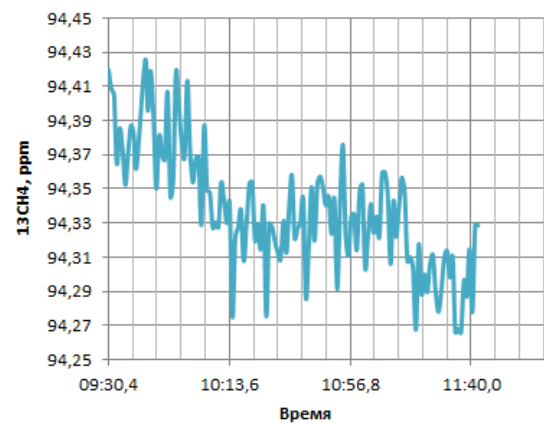


Рис. 2. Измерение изотопов углерода ^{13}C

Таким образом, угольный метан можно характеризовать как газ, образовавшийся в результате термогенных процессов, а вентиляционный – в результате смешивания угольного метана и дополнительно поступающего в горные выработки и/или выработанное пространство биогенного метана. Полученные результаты могут представлять интерес для уточнения численных моделей, описывающих взаимосвязь газовентиляционных параметров, дополненных параметрами, описывающими содержание стабильных изотопов углерода в угле и в шахтной атмосфере. Это будет способствовать повышению эффективности мероприятий, направленных на дегазацию угольных пластов и внедрению технологий утилизации шахтного метана [6,7], направленных на получение тепловой и электрической энергии.

Список литературы

1. Ермаков В. И., Лебедев В. С., Немченко Н. Н., Ровенская А. С., Грачев А. В. Изотопный состав углерода природных газов севера Западно-Сибирской низменности в связи с вопросом их генезиса//ДАН СССР.- 1970.- том 190.- № 3.- стр. 683—686.
2. Hamilton, S. K., Golding, S. D., Baublys, K. A. Stable isotopic and molecular composition of desorbed coal seam gases from the Walloon Subgroup, eastern Surat Basin, Australia // International journal of coal geology. – 2014. – V 122. – P. 21-36.
3. Li Y., Tang Da Z., Fang Y. и др. Distribution of stable carbon isotope in coalbed methane from the east margin of Ordos Basin // Science China-Earth Sciences. – 2014. – V 57. – R. 8. – P. 1741-1748.
4. Ривкина Е.М., Краев Г.Н., Кривушин К.В. и др. Метан в вечномерзлых отложениях северо-восточного сектора Арктики // Криосфера Земли. – 2006. - т. X. - № 3. - С. 23–41.

5. Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах. Пер. с англ./Под ред. Й. Ленглера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля. — М.: Мир.- 2005. — Т. 1-2.
6. Тайлаков О.В., Тайлаков В.О., Застрелов Д.Н., Кормин А.Н. Способ оценки ресурсов метана угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № S415. С. 3-10.
7. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Смыслов А.И., Кормин А.Н. Физическое моделирование изменения фильтрационных свойств угольных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. № 6 (106). С. 13-16.