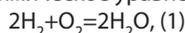


Методика количественной и стоимостной оценки антропогенных выбросов в атмосферу по фактору эмиссии метана от угольных шахт и разрезов (в привязке к Кузнецкому угольному бассейну)

В последнее время очень много говорится и пишется о парниковом эффекте и его влиянии на планетарную температуру. Одним из парниковых газов, согласно Киотскому протоколу, определен метан [1]. В ряду: уголь, нефть, природный газ, водород — последний как ни парадоксально, наиболее агрессивен по отношению к природе. Следует учесть, что все надежды цивилизации на чистейший и неограниченно представленный в природе водород разбиваются о простейшее химическое уравнение его горения:



из которого следует, что 1 кг водорода при горении безвозвратно уничтожает 8 кг атмосферного кислорода, навсегда связывая его в воду. Если горение природного газа, забирая 4 весовых части кислорода на одну часть газа (при горении нефтепродуктов 3,4 и угля 2,7), все-таки отдаст часть кислорода (через углекислый газ и затем фотосинтез) в атмосферу, то водород как топливо действительно совершенен и такой возможности не оставляет, переводя весь кислород в нерасщепляемую воду [2, с. 45]. Отсюда следует, что уголь сжигать безопаснее во всех отношениях.

Следующим важным моментом является то, что антропогенная (созданная людьми) энергетика сегодня — гигантский механизм, полностью охватывающий заселенные территории планеты и обеспечивающий всю жизнедеятельность людей. Он в 15 раз превышает совокупную энергию людей, населяющих Землю, и уже заметен на фоне протекающих здесь биологических процессов, составляя три тысячных от энергии фотосинтеза, которая питает все живое. Но энергия фотосинтеза — это только 0,0004 от энергии Солнца, падающей на Землю. Таким образом, антропогенная энергетика сейчас едва превысила одну миллионную потока энергии Солнца на Землю, т.е. в космических масштабах пока практически неразличима [3, С. 8]. Все это смягчает заявление «зеленых» о глобальной грядущей катастрофе.

Однако динамика антропогенной энергетике впечатляет. Проблемным моментом является вопрос оценки антропогенного воздействия ряда газов на атмосферу. Для угледобывающего региона особенно важно реально оценить влияние метана от производственно-хозяйственной деятельности (ПХД) шахт и разрезов на атмосферу. Актуальность данной проблемы определяется следующими задачами:

— окончательно решить вопрос о мере вредного влияния CH_4 на атмосферу. Некоторые ученые считают, что доля метана в загрязнении атмосферы составляет 20 % и он опасен, другие утверждают, что метан присутствует в атмосферном воздухе и в природе происходят процессы саморегулирования;

ХАРИТОНОВ Виталий Геннадьевич

*Генеральный директор
ОАО «Шахта «Заречная»,
канд. техн. наук*

РЕМЕЗОВ Анатолий Владимирович

*Профессор кафедры РМПИ ГУ КузГТУ,
доктор техн. наук*

НОВОСЕЛОВ Сергей Вениаминович

*Академик СО МАНЭБ,
канд. экон. наук*

МУХОРТОВА Евгения Владимировна

Соискатель кафедры РМПИ ГУ КузГТУ

— необходимо решить, как количественно оценивать выбросы метана в атмосферу угледобывающими предприятиями Кузбасса. Существует много вопросов как в методическом плане, так и в учете влияния различных факторов внешней среды — скорость ветра, температура, давление и др., которые как усугубляют, так и снижают вредное воздействие выбросов CH_4 ;

— решить вопрос, реального использования метана для нужд человека в промышленных масштабах, если его сжигать, то будет уничтожаться кислород;

— осуществить прогноз антропогенного воздействия на окружающую среду от эмиссии метана;

— произвести реальную экономическую (стоимостную) оценку эмиссии метана в региональном масштабе:

— разработать мероприятия, решающие проблему в аспекте парниковых газов;

— разработать методики, позволяющие быстро и точно определить количественные параметры выбросов газа метана в атмосферу;

— в перспективе необходимо создать счетчики выбросов CH_4 из конкретного источника, создать коммуникационные сети из данных счетчиков, а на основе этих сетей — автоматизированную систему учета антропогенного воздействия метана на региональную атмосферу, позволяющую отслеживать в режиме реального времени антропогенное воздействие на атмосферу (возможно создание и счетчика по ряду антропогенных газов).

— в глобальном плане если будут созданы приборы непрерывного действия определения объемов и массы выбросов (счетчики ряда газов), то представится возможность создания **системы учета антропогенного** воздействия на атмосферу в регионе.

В настоящее время не представляется возможным определить с абсолютной точностью выбросы метана как на подземных, так и на открытых работах, так как параметры измеряемой величины динамичны во времени (необходимо учитывать множество факторов при процессах газовыделения пластов, и везде они индивидуальны). Кроме того, на результат измерения влияют метод и средства измерений. Поэтому расчеты по определению объемов и масс выбросов будут иметь определенную погрешность. В этом плане следует учесть, что существуют основные элементы эмиссии метана из шахт и разрезов и второстепенные — значительно меньшие по величине. Поэтому авторы статьи моделировали основные элементы эмиссии метана из шахт и разрезов. На шахтах выбросы можно учесть по средней концентрации метана в объеме исходящих струй шахт, так как имеется систематизированный учет концентрации CH_4 средства-

ми автоматической газовой защиты и контролируются режимы работы вентиляторов. На разрезах такой учет не ведется, хотя уголь добывается из тех же пластов, с той же газоносностью. В настоящее время существует методика «Определения размера вреда окружающей среде, причиненного нарушением требований законодательства в области охраны атмосферного воздуха», утвержденная постановлением Коллегии Администрации Кемеровской области от 26 апреля 2007 г. № 105 [4].

Определение размера вреда окружающей среде, причиненного нарушением требований законодательства в области охраны атмосферного воздуха, производится на основе показателя удельного вреда ($Y_{атм}$), наносимого выбросами единицы приведенной массы загрязняющих веществ, руб./усл. т.

Определение размера вреда ($B_{атм/стац.}$, руб.) атмосферному воздуху в результате аварийного выброса загрязняющих веществ (при нарушении технологического регламента) при отсутствии или превышении установленных нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ, а также в случае выявления неучтенного источника выбросов осуществляется по формуле:

$$B_{атм/стац.} = Y_{атм} \times M_{пр} \times f \times K \times 1,2 + Z_{ф} \quad (2)$$

где: $M_{пр}$ — приведенная масса загрязняющих веществ, поступающих с отходящими газами в атмосферный воздух от стационарного источника (предприятия) в течение расчетного периода времени, усл. т;

f — Коэффициент, учитывающий характер рассеивания примеси в атмосфере:

- для газообразных вредных веществ — 1,0;
- для пыли:
 - 2,0 — при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки не менее 90 %;
 - 2,5 — при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки от 75 до 90 %;
 - 3,0 — при отсутствии очистки;

K — повышающий коэффициент к нормативам платы за негативное воздействие на окружающую среду, устанавливаемый федеральным законом о бюджете на соответствующий год; 1,2 — коэффициент, учитывающий экологические факторы состояния атмосферного воздуха на территории Западно-Сибирского экономического района Российской Федерации (при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов дополнительно умножается на коэффициент 1,2); $Z_{ф}$ — фактические затраты, необходимые для оценки вреда атмосферному воздуху (проведение лабораторных анализов на содержание компонентов в воздушной среде, отбор проб, оценка распространения загрязняющих веществ в атмосфере), руб.

Приведенная масса загрязняющих веществ ($M_{пр}$, усл. т), поступающих с отходящими газами в атмосферный воздух от стационарных источников, определяется по формуле:

$$M_{пр} = \sum_{i=1}^n (M_{фи} \times k_{фи}), \quad (3)$$

$$K_{oi} = 1 / ПДК_{сст} (ПДК_{мр i} ОБУВ_i), \quad (4)$$

где: $M_{фи}$ — фактическая масса i -го загрязняющего вещества, выбрасываемая в атмосферный воздух от стационарного источника выбросов, т; K_{oi} — коэффициент относительной опасности для i -го загрязняющего вещества, определяется как величина, обратная среднесуточной предельно допустимой концентрации (при ее отсутствии — предельно допустимой максимально разовой концентрации или ориентировочно безопасному уровню воздействия) в атмосферном воздухе, в случае их отсутствия — по загрязняющему веществу аналогичного класса опасности; i — вид загрязняющего вещества или группы веществ; n — количество учитываемых загрязняющих веществ; ПДК — среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе; ПДК_{мр i} — предельно допустимая максимально разовая концентрация загрязняющего вещества

в атмосферном воздухе; $ОБУВ_i$ — показатель ориентировочно безопасного уровня воздействия химического вещества на атмосферный воздух.

Приведенная масса загрязняющих веществ ($M_{пр}$, усл. т), поступающих с отходящими газами в атмосферный воздух от стационарных источников в результате превышения установленных нормативов выбросов или лимитов на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух, определяется по формуле:

$$M_{пр} = \sum_{i=1}^n (M_{фи} - M_{норм i}) k_{фи}, \quad (5)$$

где: $M_{норм i}$ — масса выброса i -го вещества в атмосферный воздух в пределах установленных предельно допустимых выбросов или лимитов на выброс загрязняющих веществ, тонн.

Масса выброса i -го вещества в атмосферный воздух в пределах допустимых нормативов или лимитов определяется на основе разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Фактическая масса i -го загрязняющего вещества ($M_{фи}$, т), выбрасываемого в атмосферный воздух, определяется инструментальным путем и (или) расчетным путем на основании действующих методик по расчетам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу или на основании данных о времени и режиме работы оборудования, о расходе сырья, топлива, материалов и других данных учета.

Однако при определении ущерба от антропогенного воздействия метана встает проблема определения массы выбросов (в официальной методике как определить массу выбросов не установлено). При подземной добыче рациональным, на наш взгляд, будет учет выбросов в первую очередь из исходящих струй шахт, а во вторую — из имеющихся трещин на поверхности шахтного поля и из отбитого угля с угольных складов и т.п. Для разрезов эмиссия метана определится в первую очередь из обнаженных поверхностей рабочих уступов, во вторую — из трещин на рабочих и нерабочих бортах разреза, из отбитого угля на угольных складах и т.п. При расчетах следует учитывать коэффициенты неравномерности. Важным моментом будут являться также тепловые характеристики шахтного воздуха, табл. 1 [5, с. 45].

Таблица 1

Тепловые характеристики шахтного воздуха

Температура, °C	-20	-10	0	10	20	40
Плотность, кг/м³	1,39	1,34	1,29	1,24	1,2	1,12

Кроме того, необходимо определить, какая концентрация CH_4 и при каком объеме выбросов будет эквивалентна величине показателя удельного вреда от загрязнения атмосферного воздуха стационарными источниками, равной условной тонне, стоимость которой на 01.01.2006 г. составляла 112 руб. [4]. Если ориентироваться на ПБ, то исходящая струя шахты должна содержать не более 0,75 % метана по объему. Содержание газа в воздухе характеризуется отношением количества газа в газовоздушной смеси ко всему количеству смеси. Различают массовую c_m и объемную $c_{об}$ доли газа в газовоздушной смеси. Это относительные величины, измеряемые в долях единицы или процентах.

Существуют соотношения [5, с. 5]:

$$c_m = c_{об} \rho_z / \rho_{см} \quad (6)$$

$$\rho_{см} = \rho_{в} - (\rho_{в} - \rho_z) c_m \quad (7)$$

$$c_m = (\rho_{см} - \rho_{в}) / (\rho_z - \rho_{в}), \quad (8)$$

где: $\rho_z, \rho_{см}, \rho_{в}$ — плотность соответственно газа, газовоздушной смеси и воздуха.

Степень изменения состава шахтного воздуха характеризуется газообильностью, т.е. количеством газа, выделяющегося в шахте.

Абсолютная газообильность шахты Q_f — количество газа, выделяющегося в единицу времени (имеет размерность $L^3 T^{-1}$, где L — единица длины, T — единица времени). При объемной

Нормативы платы за выброс 1 т загрязняющих веществ, руб.

Наименование загрязняющих веществ	Нормативы платы за выброс 1 т загрязняющих веществ, руб.	
	В пределах установленных допустимых нормативов выбросов	В пределах установленных лимитов выбросов
Азота диоксид	52	260
Метан, в том числе в составе нефтяного (попутного) газа, сжигаемого факельными установками	50	250
Углерода окись (углерода оксид)	0,6	3
Фенилизоцианат	4100	20500

доле газа в выходящем из шахты воздухе c (%), в поступающем воздухе c_0 (%) и при количестве проходящего по шахте воздуха Q (м^3) в единицу времени:

$$Q_2 = Q(c - c_0) / 100. \quad (9)$$

Относительная газообильность шахты q_2 — количество газа G , выделяющееся в шахте за данный период времени, отнесенное к единице массы или объема добытого за этот же период полезного ископаемого A :

$$q_2 = G / A. \quad (10)$$

q_1 имеет размерность $L^3 M^{-1}$ (M — единица массы) или L^3 — газа, L^{-3} — полезного ископаемого (например, $\text{м}^3/\text{т}$, $\text{м}^3/\text{м}^3$).

Газовыделение в шахте непостоянно во времени, поэтому Q_2 , q_2 — величины случайные, для их надежного определения необходимо произвести большое число измерений. Q_2 и q_2 по метану и углекислому газу определяются в соответствии с действующими Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах, которое составляет для исходящей шахты 0,75% (CH_4) по объему. Значение q_2 является основой для деления шахт на категории по газу. Метан (CH_4) — газ с относительной молекулярной массой 16,043 и массой 1 м^3 при температуре $T=293^\circ\text{K}$ (или 20°C) равной 0,6679 кг. Для определения выброса массы метана исходящей струей шахты мы разработали следующую формулу:

$$M_{\text{CH}_4} = 1440 \cdot C \cdot \frac{\rho_g \cdot 10^3}{100} \cdot Q \cdot [\text{т/сут}], \quad (11);$$

где: 1440 — мин в сутках, C — нормативная концентрация CH_4 (0,75%) в исходящей струе шахты; ρ_g — плотность воздуха (равна $1,2 \text{ кг/м}^3$); Q — исходящая струя, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Расчет выделения метана разрезами производится по рабочим уступам по объемам вынимаемого угля или по интенсивности добычных с учетом газодинамических параметров пласта. Нами разработана следующая формула:

$$Q_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot \gamma_i \cdot x_i \cdot L_i \cdot k_{\text{ни}}), [\text{м}^3/\text{с раб. уст.}], \quad (12)$$

где: S_i — площадь обнажения на рабочему уступе, м^2 ; γ_i — объемный вес угля, т/м^3 ; x_i — природная газоносность пласта $\text{м}^3/\text{т}$; L_i — длина рабочего уступа, м ; $k_{\text{ни}}$ — коэффициент неравномерности газовыделения на i -ом пласте (уступе).

Для определения массы основного выброса метана разрезом мы разработали следующую формулу:

$$M_{\text{CH}_4} = Q_{\text{пр}} \cdot \frac{\rho_g \cdot 10^3}{100} \cdot [\text{т/с раб. уст.}], \quad (13)$$

Платы в пределах установленных допустимых нормативов выбросов и в пределах установленных лимитов выбросов существенно различаются [6] (табл. 2).

Сравнивая выбросы метана (522,343 тыс. т) и оксида углерода (393,086 тыс.) в Кемеровской области [7, С. 118] видим, что в стоимостной оценке метан значительно дороже обходится производителю. Следовательно, производителю его лучше сжигать и получать окись углерода.

Выводы

Проблема антропогенного воздействия на атмосферу от ПХД угольной промышленности имеет очень много недостаточности изученных и реально недооцененных процессов. Нет, например, утвержденных методик учета выделения метана из шахт и разрезов. Да и по нормативам платы за окись углерода и за метан, последний — в проигрышном положении. Хотя очевидно, что процесс сжигания значительно опаснее выброса метана, так как уничтожается кислород. Авторы предложили метод учета эмиссии метана от шахт и разрезов по основным элементам эмиссии, хотя следует вести учет всех элементов антропогенного воздействия, что мотивирует дальнейшие исследования. На основании данной методики можно оценивать основную долю антропогенного воздействия от эмиссии метана в региональном масштабе. Кроме того, решение задач, определенных в данной статье, позволит создать региональную систему мониторинга антропогенного воздействия на атмосферу в Кемеровской области.

Список литературы

1. Киотский протокол//Рамочная конвенция об изменении климата: офиц. текст. Киото. — 1997.
2. Щадов М. И., Ткаченко Н. Ф. Киотский протокол и отечественный ТЭК (размышления о климате и энергетике) // Уголь. — №5. — 2004. — С. 41-47
3. А. Макаров. Энергетическое пространство: реальность и прогнозы // Проблемы теории и практики управления. — № 8. — 2008. — С. 8-17.
4. Методика исчисления размера вреда окружающей среде, причиненного нарушением требований законодательства в области охраны окружающей среды / Постановление Коллегии Администрации Кемеровской области от 26 апреля 2007 г. № 105.
5. Рудничная вентиляция. Справочник / Н. Ф. Гращенков, А. Э. Петросян, М. А. Фролов и др.; Под ред. К. З. Ушакова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1988, — 440 с.
6. О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления (Приложение № 1) / Постановление Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 г. № 344.