

А.А. Федулова, студентка гр. 3-ТЭФ-3 (СамГТУ)  
Научный руководитель И.В. Макаров, инженер, ассистент кафедры «Промышленная теплоэнергетика» (СамГТУ)  
г. Самара

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Техногенная деятельность человечества приводит к различным видам загрязнения окружающей среды. Одним из таких направлений вредного воздействия на природу является широкое использование органического топлива при производстве тепловой и электрической энергии, в высокотемпературных процессах технологических производств, транспорте, жилищно – коммунальном секторе и его инфраструктуре городских и сельских поселений.

Природный газ считается экологически наиболее чистым видом топлива, однако выбрасываемые в воздушный бассейн продукты полного сгорания хотя практически и не содержат вредных примесей, представляют большую угрозу для человечества и окружающих флоры и фауны.

При полном сгорании единицы объема природного газа продукты горения включают диоксид углерода, водяные пары, азот воздуха и остаточный кислород. Продукты полного сгорания природного газа по отношению к организму человека нейтральны. Однако их накопление в атмосфере может привести к нарушениям равновесия в природе.

Двуокись углерода не токсична, однако ее накопление в атмосфере способствует проявлению «парникового эффекта», являющегося прямым следствием техногенной деятельности человечества - нарушается естественный баланс круговорота  $\text{CO}_2$  в природе. Так как плотность  $\text{CO}_2$  больше плотности воздуха, то накопление диоксида углерода происходит в приземном слое.

Водяные пары считаются безвредными продуктами. Однако водород как горючий компонент входит в состав многих видов органических топлив, главным образом в виде углеводородных соединений жидких и газообразных топлив. Образующиеся в процессе сжигания водяные пары легче воздуха и поднимаются в верхние слои атмосферы, чему способствует их повышенная температура (в среднем более  $140\div 160^\circ\text{C}$ ). В воздушной атмосфере Земли происходит конденсация водяных паров, группировка их в дождевые облака с последующим выпадением в виде осадков (туман, дождь, снег, град).

Влажный воздух тяжелее сухого, что приводит к его медленному (по сравнению с дождем) оседанию на поверхностный покров (летом в виде туманов, в прохладный период года происходит уплотнение снежного покрова с локальным подтаиванием уплотненного снега и наледи). Наглядно это про-

является при таянии льдов в полярных широтах и ледников горных вершин. Если с вредными для здоровья людей компонентами продуктов сгорания топлива (оксид углерода  $\text{CO}$ , оксиды серы, оксиды азота, углеводородные комплексы  $\text{C}_m\text{H}_n$  и др.) борются, разрабатывая всякие химические и термические методы их подавления, то с парниковыми газами активных методов борьбы нет - все сводится к призывам и увещаниям снижения расходов органического топлива. Поэтому повышение энергоэффективности теплогенерирующих установок, работающих на природном газе, является одним из факторов, влияющих на загрязнение атмосферы «парниковыми» газами.

Для активного противодействия негативным последствиям влияния парниковых газов на окружающую среду необходимо рассмотреть физические свойства  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Диоксид углерода  $\text{CO}_2$  в полтора раза тяжелее воздуха, не горит, не поддерживает горения. В обычных условиях растворимость  $\text{CO}_2$  в воде невелика.

При давлении 760 мм рт. ст. при  $0^\circ\text{C}$  в одном литре воды растворяется 1,7 л углекислого газа, с ростом температуры растворимость падает. С повышением давления растворимость  $\text{CO}_2$  возрастает - при температуре  $t=15^\circ\text{C}$  при давлении 0,3-0,4 МПа в 1 литре воды растворяется 4 л углекислого газа [1].

Водяные пары продуктов сгорания природного газа при снижении температуры ниже точки росы ( $55-60^\circ\text{C}$ ) конденсируются. По данным [2] уже на высоте 1 км от земной поверхности температура атмосферного воздуха составляет  $+8,5^\circ\text{C}$  при температуре воздуха у земной поверхности равной  $+15^\circ\text{C}$ .

Для наглядности рассмотрим простой пример, имеющий место при сжигании природного газа в топках котлов и промышленных теплогенераторах. По данным XIV Мировой энергетической конференции, состоявшейся в Монреале,

мировая добыча природного газа в 1987 году составляла  $1,885 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$  [3]. Ожидаемый ежегодный прирост добычи природного газа планировалось держать на уровне 2,5%.

Ориентировочно, при этих условиях мировая добыча газа по прошествии 30 лет может быть определена как последний член арифметической прогрессии при условии, что первый член которой равен объёму добычи 1987 года. Вычислив величину последнего члена арифметической прогрессии, получим ориентировочное значение годового объёма добытого природного газа, равное  $5,92 \cdot 10^{12} \text{ м}^3/\text{год}$  на конец рассматриваемого периода.

Общая сумма парниковых газов, образовавшихся при сжигании природного газа, выброшенных в воздушный бассейн Земли, за тридцатилетний период ориентировочно может составить  $117,06 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ .

При полном сгорании одного кубометра природного газа среднего состава при стехиометрическом соотношении горючего и окислителя ( $\alpha=1,0$ ) образуется

$V^\circ_{\text{Г}} = 10,48$  – объём продуктов сгорания,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;

$V_{\text{CO}_2} = 0,98$  – объём диоксида углерода,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ; (9,35%)

$V^\circ_{\text{N}_2} = 7,39$  – объём азота,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ; (70,5%)

$V_{H_2O}^o = 2,1$  – объем водяных паров,  $m^3/m^3$ ; (20%).

При этих условиях в воздушном бассейне было накоплено парниковых газов в количестве:

- диоксида углерода:  $M_{CO_2} = 117,06 \cdot 10^{12} \cdot 0,0935 \cdot 1,964 = 21,5 \cdot 10^{12}$  кг.
- водяных паров:  $M_{H_2O} = 117,06 \cdot 10^{12} \cdot 0,20 \cdot 1,616 = 37,8 \cdot 10^{12}$  кг.

Для нейтрализации влияния продуктов полного сгорания газового топлива следует их пропустить через водяной объем («промыть»), используя разную способность газов растворяться в воде.

Для рассмотрения вопроса снижения выбросов парниковых газов в воздушный бассейн предположим, что вся мировая годовая добыча природного газа используется как топливо в различных отраслях экономики (при этом различные виды жидких топлив и искусственных горючих газов в расчёт не рассматриваются).

Углекислый газ поглощается водной гладью морей, рек и других водоемов, растительностью (леса, травы и др.). Таким образом, часть углекислого газа из общего выбрасываемого объема остается в атмосфере Земли, накапливаясь из-за невозможности его усвоения природной средой (особенно с хищнической вырубкой лесов в различных частях света).

Большое количество водяных паров техногенного характера нарушает естественный круговорот воды в природе и ухудшает экологическую ситуацию, т.к. практически происходит ежегодное механическое увеличение массы водяных паров в атмосфере Земли. Простейшие расчеты показывают, что если накопленный выброс водяных паров выпал бы на всю поверхность земного шара одновременно и равномерно в виде дождя, то слой воды составил бы 74 мм, только на поверхность суши - 252 мм.

Следствия такой ситуации - увеличение дождливых дней в году, подъем грунтовых вод, заболачивание низин, подъем уровня мирового океана, - в будущем изменение карты ветров и тяжелые климатические последствия из-за образования в воздушном бассейне земного шара сплошного слоя водяных паров.

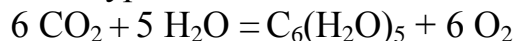
Для отсрочки такого развития событий необходимо пересмотреть технологические схемы современных топливопотребляющих технологий и производств, исключив прямые выбросы продуктов сгорания (свести к минимуму) в воздушный бассейн.

В этом случае крупные отопительно - производственные котельные или тепловые электростанции (паровые или газотурбинные), работающие на природном газе должны иметь охладительный пруд, заполненный водой.

Продукты сгорания после котлов и камер сгорания промышленных теплогенераторов дымососами направляются в пруд и пропускаются сквозь слой воды (пруд должен состоять из нескольких последовательно расположенных секций).

Водяные пары продуктов сгорания конденсируются и разбавляют конденсатом объем воды, который находится в этой секции, подогревая имею-

щуюся воду. Углекислый газ продуктов сгорания растворяется в воде. Насыщение воды углекислотой при наличии освещения обеспечивает протекание фотосинтеза, в результате которого образуется простейшая одноклеточная зелёная водоросль, называемая хлореллой. Процесс образования хлореллы из продуктов сгорания природного газа схематично можно представить простейшим уравнением [4]:



Беглый взгляд на структуру этого уравнения показывает, что процесс выращивания хлореллы из парниковых газов высокотемпературных установок даёт возможность обеспечить не только значительное сокращение их выброса в воздушный бассейн, но и решить многие важные вопросы энергоресурсосбережения. В первом приближении это касается не только резкого снижения выбросов диоксида углерода, но и открывается возможность трансформации значительной его части в свободный кислород. Это создаёт предпосылки обогащения воздушного дутья теплогенерирующих установок кислородом с последующей значительной экономией исходного топлива (в данном случае, природного газа).

Для водоёмов тепловых электростанций, работающих на природном газе, хлорелла является нежелательным спутником, так как наличие сбрасываемой подогретой воды создаёт благоприятные условия для её размножения, что требует постоянного надзора за состоянием водоводов объекта.

Из первой секции вода перетекает в следующую, где процесс выращивания хлореллы продолжается. В последней секции собирается пресная вода, пригодная для технических нужд – собственных нужд энергоисточника, системы пожаротушения, полива городских парков, скверов, улиц; по отдельному трубопроводу техническая пресная вода может быть подана в жилые дома (сан. узлы, мытье общих мест, лестничных площадок и т.д.). Таким образом, это даёт возможность резко снизить потребление пресной воды из рек и природных водоемов.

Выращенная хлорелла может быть использована как кормовая добавка для скота, для рыбных хозяйств, органическое удобрение и может быть использована в фармакологии и косметологии.

Для рассредоточенных мелких теплогенерирующих промышленных установок, отопительных котлов ЖКХ наиболее приемлемым способом может быть

охлаждение продуктов сгорания природного газа в локальных смесительных или поверхностных теплообменниках для получения технической пресной воды. Это особенно важно для районов, где недостаточно естественных источников пресной воды или вода из естественных водоёмов сильно минерализована.

Таким образом, реализация предлагаемой схемы позволит решить ряд важнейших задач:

1. Резко снизить выбросы в воздушный бассейн парниковых газов от стационарных установок, работающих на природном газе;

2. Сократить потребление пресной воды из естественных водоемов;
3. Воспроизводить дешевые органические удобрения (на базе хлореллы) взамен удобрений, производимых из добываемого минерального и органического сырья;
4. Производить твёрдое топливо из высушенной хлореллы (пеллеты) для отопительных бытовых котлов для не газифицированных регионов;
5. Повысить энергоэффективность технологических процессов и установок, использующих природный газ в качестве топлива, за счёт обогащения дутьевого воздуха кислородом, образующимся при выращивании хлореллы. Это способствует снижению расхода исходного топлива и уменьшению количества выбрасываемых продуктов сгорания при сохранении мощности газопотребляющей установки.

#### Список литературы

1. Рипан, Р., Четяну, И. Руководство к практическим работам по неорганической химии (неметаллы) / Р. Рипан, И. Читяну. – М. : Мир, 1965. – 564 с.
2. Енохович, А. С. Краткий справочник по физике / А. С. Енохович. – М. : Высшая школа, 1976. – 288 с.
3. Новгородский, Е. Е., Широков, В. А., Шанин, Б. В., Дятлов, В. А. Комплексное использование газа и охрана воздушного бассейна. – М. : Дело, 1997. – 368 с.
4. Равич, М. Б. Газ и его применение в народном хозяйстве / М. Б. Равич. – М. : Наука, 1987. – 368 с.