

УДК 669.1:504

В.И.Большаков, Л.Г.Тубольцев, В.А.Горохова

**ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.**

Целью данной статьи является анализ количества выбросов парниковых газов в атмосферу и их влияние на изменения климата. Показано, что природные явления и антропогенные выбросы парниковых газов приводят к изменению климата, что ведет к негативным последствиям практически во всех областях деятельности человека. По интенсивности загрязнения атмосферы черная металлургия является следующей после энергетики и транспорта. В то же время прямое воздействие черной металлургии на образование парникового эффекта до конца не изучено и требует комплексного научного подхода.

парниковые газы, парниковый эффект, антропогенные выбросы, источник загрязнения

Состояние вопроса. По мнению многих специалистов по экологии главным фактором антропогенного воздействия на климат Земли является увеличение концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере. Парниковый эффект рассматривается как предполагаемое потепление климата на планете в результате накопления в атмосфере парниковых газов, которые пропускают солнечные лучи и препятствуют тепловому излучению с поверхности Земли. Содержание в атмосфере Земли парниковых газов (углекислого газа CO_2 , метана CH_4 и др.) неуклонно увеличивается и, как следствие, неизбежно должно приводить к повышению глобальной температуры атмосферы Земли. Накопление углекислого газа в атмосфере – одна из основных причин парникового эффекта. Однако этот факт окончательно не изучен и требует тщательного дальнейшего научного исследования.

Загрязнение воздуха может быть естественным (природным) или возникать в результате деятельности человека (антропогенным). Естественное загрязнение обусловлено морскими брызгами, эрозией почвы, извержением вулканов и т.п., что прогнозировать довольно сложно. Основными источниками загрязнения воздуха в результате деятельности человека являются предприятия энергетической, угольной и металлургической отраслей, а также автотранспорт. Основные неопределённости прогнозов концентрации CO_2 в атмосфере вызваны недостаточным знанием роли природных факторов. За последнее столетие содержание CO_2 в земной атмосфере существенно возросло и не исключено, что при дальнейшем росте промышленного производства содержание двуокиси углерода достигнет критических значений, если ее выбросы в атмосферу в дальнейшем будут возрастать.

Целью данной статьи является анализ образования и выбросов парниковых газов в атмосферу и их влияние на изменение климата.

Изложение основных результатов исследования. Исследования, проведенные учеными климатологами в Антарктиде по изучению состава льда, показали, что на протяжении длительного времени имеется достаточно тесная связь между содержанием углекислого газа и температурой атмосферы Земли (рис.1). В Антарктиде были пробурены скважины на 3800 метров и вынуты керны. По пузырькам воздуха, сохранившимся в керне, была определена температура, возраст и содержание углекислого газа примерно за 800 тысяч лет. За этот период наблюдались определенные ледниковые периоды, которые чередовались с периодами потепления. С XVI века после малого ледникового периода (XV - XVI век) идет постепенное потепление на один градус в столетие. [1]. Отсюда следует, что нормальные колебания климата связаны с колебаниями активности Солнца и орбиты Земли, но вовсе не с деятельностью современного человека.

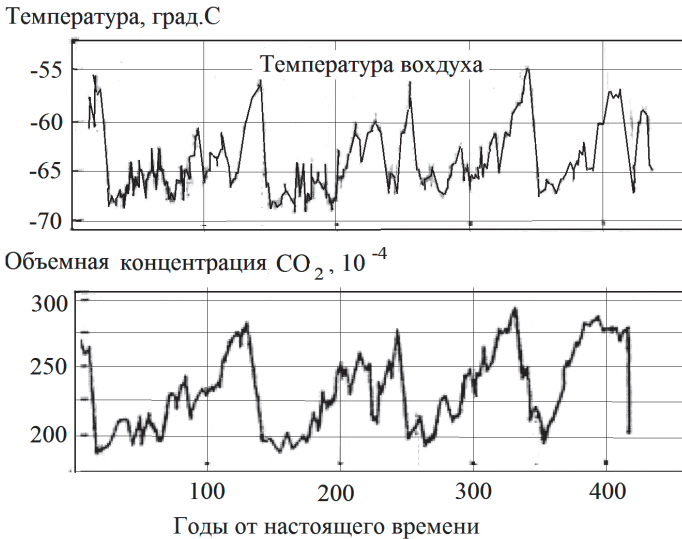


Рис.1. Диаграмма температурного и концентрационного состояния (CO_2) атмосферы Земли.

На протяжении последних 400 лет отмечены серьезные изменения температуры атмосферы Земли, причиной которых являлись естественные условия (вулканические выбросы, влияние космоса и т.д.). Однако в последние 200 лет отмечается существенная активизация промышленной деятельности человека и усиление негативного влияния на экологию атмосферы Земли. За последние 10 лет выбросы углекислого газа (CO_2) в атмосферу нашей планеты увеличились на 2%. Учёные интернациональной научно-исследовательской группы Global Carbon Project (GCP) связывают это с увеличением объёмов сжигания каменного угля, главным

образом в Китае. Проблему загрязнения атмосферы в городах Украины и мира главным образом усугубляют высокие концентрации водяного пара (НО), метана (СН), закиси азота (NO), озона (O) и в меньшей степени — ряд хлорфторуглеводородных соединений (фреонов). В некоторых городах отмечаются также высокие концентрации фтористого водорода, взвешенных веществ (пыли), фенола, аммиака и др. Дополнительно в атмосферу поступали и другие газы, не являющиеся естественными компонентами глобальной экосистемы. Главные из них – фторхлоруглеводороды, поглощающие и излучающие радиацию. Все эти газы в совокупности можно назвать парниковыми [2]. Ежегодный прирост CO₂ в атмосфере составляет около 3,5млрд.тонн[3].

Ухудшение экологической обстановки привело к тому, что было принято несколько международных законодательных актов, направленных на уменьшения парникового эффекта и стабилизацию температуры атмосферы Земли [4]. Проблема глобального изменения климата активно обсуждается. В том, что потепление существует, никто из ученых не сомневается - это очевидно. Однако имеющиеся данные говорят о том, что изменение климата является нормальным природным явлением: глобальное потепление чередуется с глобальным похолоданием. Определенно сказать нельзя, что больше влияет на изменение климата – природные явления или антропогенное воздействие. В то же время безусловно и очевидно, что промышленность вносит значительный вклад в ухудшение окружающей среды и наносит к вред здоровью населения.

Проведенные анализ показал, что концентрация углекислого газа в атмосфере может меняться в широких пределах под влиянием как природного, так и антропогенного воздействия. Сегодня объёмная концентрация углекислого газа достигла уровня 0,038% — это самый высокий показатель за последние сто тысяч лет. При этом CO₂ не единственный парниковый газ, влияющий на образование парникового эффекта, но он является основным побочным продуктом в черной металлургии.

Наибольший вклад в совокупные мировые выбросы парниковых газов вносит сектор «Энергетика». Доля этого сектора составляет 69% от суммарных выбросов парникового газа (ПГ). Около 83% выбросов в секторе «Энергетика» приходится на сжигание топлива, за ними следуют выбросы связанные с утечками – 17%. На втором месте – 22% от совокупных выбросов ПГ является сектор «Промышленные процессы». Основные источники ПГ в данном секторе – металлургическая промышленность –65% и производство минеральных продуктов – 20%. [3].

Влияние количества CO₂ на ухудшение окружающей среды и образование парникового эффекта колеблется в пределах 9–26%, что значительно превышает влияние других компонентов. Согласно имеющимся данным, в 1990-2010 годах рост воздействия парниковых газов составил 29%, при этом на двуокись углерода (CO₂) приходится почти 80% этого увели-

чения. Именно поэтому все международные рамочные соглашения, в том числе и Киотский протокол, сосредоточены на проблемах уменьшения содержания CO_2 в атмосфере, в т.ч. за счет финансовой заинтересованности стран в уменьшении выбросов и возможности торговать установленными на выбросы в атмосферу квотами.

Для сопоставления результатов взаимосвязи промышленной деятельности человека и средней температуры атмосферы Земли в качестве критерия выбран показатель объемов мирового производства стали. Анализ показал, что теоретически можно говорить об определенном влиянии деятельности человека как одного из факторов экологического воздействия.

Оценка будущих изменений климата и увеличение количества CO_2 , должна уточняться по мере изменений климатической системы Земли, в том числе с учетом воздействия на него природных и антропогенных источников. Но уже сейчас можно предположить, что про сохранении нынешней интенсивности выбросов в атмосферу к концу XXI века концентрация атмосферного CO_2 более, чем на 60% превысит доиндустриальный уровень [5]. Как такое положение дел скажется на климате планеты остается только догадываться. Поэтому необходимо продолжать рассматривать и изучать все варианты возможного уменьшения выбросов CO_2 в атмосферу.

В Украине в 2008 году, по данным государственной статистики выбросы диоксида углерода из стационарных источников промышленных предприятий составили около 200 млн. тонн, что значительно меньше, чем в 1990 году. С началом кризиса, в 2009 году, они сократились до 152 млн.тонн, а уже в 2010 г были на уровне 165 млн. тонн. Эти колебания можно сопоставить с ситуацией в отечественной промышленности, которая после глубокого спада в начале 2009 г. начала постепенно восстанавливать объемы производства. Показатели 2011 г., по крайней мере, в том виде, в котором их дает статистика, уже перекрыли выбросы 2008 г., однако Украина пока не вышла на докризисный уровень производства, в т.ч. в производстве металлургической отрасли. К сожалению, государственная статистика не приводит данных о выбросах диоксида углерода для отдельных отраслей [6]. Однако можно утверждать, что отсутствие системы автоматизированного контроля за состоянием атмосферы и выбросов промышленных предприятий, в т.ч. и металлургической отрасли, не позволяет иметь достоверные данные о количестве выбросов ПГ в атмосферу и к возможной торговле квотами парниковых газов в Украине следует подходить весьма осторожно.

Воздействие металлургии на изменение климата до конца не изучено, есть только предположение, что увеличение производства стали и образование выбросов CO_2 влияют на рост температуры, но подобная закономерность требует тщательного изучения. В мировой практике принято рассматривать параметры работы черной металлургии именно в разрезе

производства стали. Поэтому целесообразно рассмотреть и экологические обязательства черной металлургии именно в разрезе производства стали. Проведенный анализ показывает, что на нынешнем этапе наблюдается определенная закономерность увеличения средней температуры Земли по мере роста производства стали (рис.2). В 2012 г. производство стали в мире превысило 1,5 млрд. тонн. При этом выбросы CO_2 могут быть оценены на основании общего энергопотребления отрасли равного примерно 800 млн.т.у.т. Это дает выбросы CO_2 порядка 1,5 – 2 млрд. т или 3–4% от глобальных выбросов всех парниковых газов от всех антропогенных источников. Тем самым, средние удельные выбросы составляют примерно 1,2 – 1,7 тонн CO_2 /т стали. Более точный расчет сделать сложно, так как в разных случаях в выбросы включаются, или не включаются такие этапы производства как добыча и обогащение руды, агломерация и производство кокса. [3]

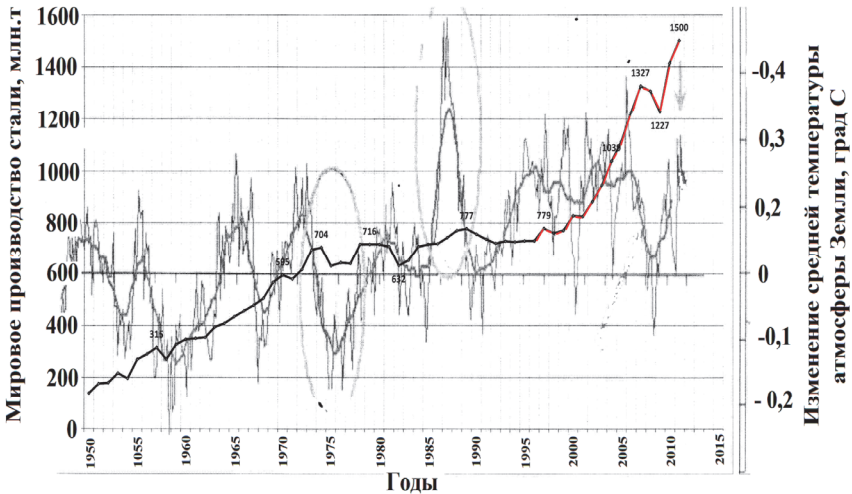


Рис.2.Изменение температуры и мировое производство стали.

В Украине состав ПГ несколько отличается от мировых показателей – доля выбросов энергетического сектора составляет 90% общих выбросов, из которых 57% составляют выбросы CO_2 от сжигания топлива и проведения технологических процессов, а 37% составляют утечки метана CH_4 при добыче и переработке угля и природного газа. Это обусловлено тремя основными факторами: 1) в экономике Украины преобладают энергоемкие отрасли (металлургия и химическая промышленность); 2) через Украину осуществляется транзит более 100 млрд.м³ природного газа в евро-

пейские страны; 3) вследствие достаточно холодной зимы отопительный сезон в стране продолжается около шести месяцев. В то же время, доля черной металлургии в общих выбросах ПГ в Украине по данным государственной статистики составляет 9-10%, из которых около 97% приходится на долю углекислого газа CO₂ (рис.3).



Рис.3. Долевое участие составляющих парниковых газов в ГМК Украины.

Проведенный анализ показывает, что черная металлургия не является главным источником выбросов в окружающую среду, но она является существенным потребителем тепловой энергии и природных ресурсов, использование которых влияет на биогеохимический круговорот в природе. Постоянное увеличение вредных веществ и газов в атмосфере от металлургических процессов, создание отходов из отходов производства ведут к нарушению экологической обстановки и изменению климата.

Для каждого металлургического производства характерен собственный коэффициент эмиссии (выбросов в атмосферу), который отражает выход двуоксида углерода в пересчете на единицу произведенной продукции. Процесс производства стали состоит из многих этапов, начиная от добычи и обогащения руды, подготовки сырья (агломерации и производства окатышей), производства кокса, чугуна и затем собственно стали. По технологии, использующей первородный чугун как основной вид сырья, в мире производится 60% стали. Около 5% приходится на современный метод прямого получения железа непосредственно из рудных материалов, минуя стадию выплавки чугуна в доменных печах (Direct Reduced Iron – DRI или железо прямого восстановления). Остальные 35% производится из металлолома. [7] Использование металлолома способно оказать значительное влияние на потребление энергии и выбросы CO₂. За последние 30 лет использование металлолома в абсолютном выражении возросло в 1,5 раза (как и производство стали в целом), но в процентном выражении несколько понизилось. В сталеплавильных печах с подачей кислорода (кислородных конверторах) в мире выплавляется более 65% стали, в элект-

трудоговых печах –32% и в мартеновских печах около 2,5% стали. Однако последняя, наиболее отсталая технология наиболее широко распространена на Украине и в России.

В контексте обсуждения влияния инфраструктурных переделов черной металлургии имеет смысл, прежде всего, рассмотреть конечный этап - технологии производства стали. В большинстве случаев на семинарах и при неформальном обсуждении объектами экологических обязательств называют именно металлургические комбинаты, что отодвигает подготовку сырья и производство кокса на второй план. Доля парниковых газов от сгорания топлива составляет 93,8%, в том числе доля кокса – 35,2%; технологических выбросов – 6,2%. При производстве чугуна образуется более 50% общего объема технологических выбросов в черной металлургии. Объем выбросов парниковых газов существенно зависит от общих объемов производства, поэтому количество выбросов ПГ в Украине изменяется по годам в связи с изменением объемов выплавки стали. Снижение уровня выбросов ПГ в ГМК по сравнению с 1990 годом (рис.4) дало основание Кабинету Министров Украины в 2009 году использовать положение Киотского протокола и продать квоты на «излишние» выбросы парниковых газов Японии на сумму 3 млрд.долларов. Однако, полученные деньги не были использованы для улучшения экологической обстановки в Украине и модернизации предприятий ГМК, в связи с чем в 2012 году правительство Японии заявило Украине соответствующий протест, потребовав вернуть деньги. Учитывая отсутствие достоверного контроля со стороны государства за экологической обстановкой и отсутствие реальных мер воздействия на производственную деятельность приватизированных металлургических следует признать действия по продаже квот на выбросы парниковых газов весьма опасными и непредсказуемыми для условий Украины.



Рис.4. Динамика выбросов CO₂ предприятиями ГМК за 1990-2012 годы.

Несмотря на то, что доля черной металлургии в общих объемах выбросов ПГ не очень велика, проблема уменьшения выбросов CO_2 на единицу продукции стоит очень остро по всем секторам экономики Украины. На сегодня отрасль, имея значительный научный металлургический потенциал, высокий технологический уровень и образцы лучших металлургических агрегатов, является отсталой по сравнению с ситуацией в других странах, даже таких как Индия и Бразилия. Поэтому можно рассматривать лишь вариант секторных обязательств в процентах снижения удельных выбросов CO_2 на тонну стали. Наибольшим потенциалом в абсолютном измерении обладает Китай, однако, это во многом является результатом больших объемов производства в этой стране. Удельное снижение выбросов может быть больше всего на Украине – 0,70 тонн CO_2 /т стали. Затем идут Индия, Бразилия и Китай. Потенциал России – 0,35 т CO_2 /т стали, или в 2 раза меньше, чем у Украины. Потенциал в развитых странах Европы и в США примерно одинаков и 2 раза ниже, чем у России, а в Южной Корее и Японии – в 4-5 раз ниже [7]. Возможности Украины по уменьшению выбросов CO_2 в черной металлургии оцениваются главным образом потенциалом, связанным с модернизацией доменного производства, затем идет переход на кислородные конвертеры и электросталеплавильные печи, развитие процессов непрерывной разливки стали.

Оценка возможного уровня внедрения лучших технологий в мире в целом показывают, что энергопотребление можно уменьшить примерно на 20% и выбросы на 340 млн. т CO_2 (рис.5) [8].

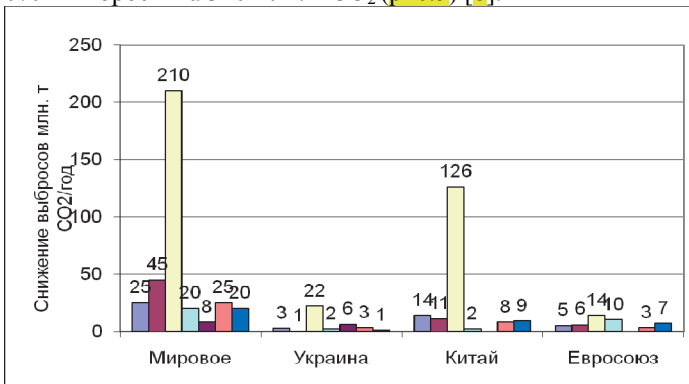


Рис.5. Потенциал уменьшения выбросов CO_2 при производстве стали. (от уровня и при объемах производства 2005 г.). Обозначения технологий приведены в тексте статьи.

Перечень перспективных технологий, обеспечивающих уменьшение выбросов парниковых газов на металлургических предприятиях, представлен на рис.4 для каждой страны следующим образом: (слева направо). 1 – сухое охлаждение кокса; 2 – утилизация доменного газа; 3 – модерни-

зация кислородных конвертеров; 4 – утилизация газов кислородных конвертеров; 5 – переход выплавки стали из мартенов на конвертеры или электропечи; 6 – более эффективное производство энергии из доменного газа; 7 – модернизация технологии производства проката.

Для снижения уровня выбросов парниковых газов в качестве заменяющего топлива могут быть использованы другие виды энергоносителей, такие как древесный уголь, водород и электричество. Однако это может привести к значительным снижениям выбросов при условии, что сами эти энергоносители получены в процессах, не создающих выбросов CO_2 . Тем не менее, стоимость подобных мер по снижению уровня загрязнения будет в большинстве случаев превышать 50 долл. за тонну CO_2 .

Возможности по снижению выбросов CO_2 включают в себя также внедрение систем регенерации остаточного газа и тепла, сухое тушение кокса, применение турбин высокого давления для подачи воздуха в доменные печи, регенерацию газа от печей BOF, регенерацию остаточного тепла для обжигательных заводов, печей BOF и сушильных камер. В некоторых странах эти технологии широко применяются, однако в других практически отсутствуют. Общий потенциал снижения выбросов CO_2 от этих мер оценивается в 100 млн. т/год для всего мира в целом.

Динамика и изменения выбросов парниковых газов за период 1990-2012 годы можно рассмотреть на примере украинских предприятий с полным металлургическим циклом показана на [рис.6 \[7\]](#).



Рис.6. Динамика производства стали и выбросов парниковых газов на пяти металлургических предприятиях.

Можно отметить, что на протяжении многих лет украинские предприятия продолжают эксплуатировать имеющиеся в их распоряжении металлургические агрегаты без их коренной реконструкции и реализации экологических мероприятий. Особое беспокойство вызывает также тот факт, что отрасль ориентирована преимущественно на экспорт продукции первых переделов и с низкой добавленной стоимостью, что не только вызывает повышенные уровни риска для базовой отрасли Украины в целом, но снижает инвестиционные возможности предприятий и реализацию экологических проектов. Хотя дополнительная обработка нерафинированной стали требуют дополнительного расхода энергии и несколько увеличивает затраты на последующие переделы стали, возможность реализовать продукцию более высокого качества, широкого сортамента и с высокой добавленной стоимостью дает неоспоримые экономические преимущества для металлургических предприятий. В то время как рядовая сталь стоит около 200-250 долл./т, технологически обработанная сталь в виде готовой продукции может стоить 500-800 долл./тонну. Тенденция увеличения спроса на более технологически сложные продукты приводит к увеличению энергопотребления на тонну, но уменьшает энергопотребление на единицу добавленной стоимости [8].

Заключение. Влияние различных природных или антропогенных факторов на экологические показатели и на изменения температуры Земли до конца не изучены и требуют дальнейшего исследования.

Для возможности снижения выбросов парниковых газов в атмосферу необходимо обеспечить контроль их образования на каждом из этапов промышленного производства. Реализация требований по улучшению экологической ситуации на металлургических предприятиях является не только необходимой, но и экономически целесообразной для вывода черной металлургии на передовые рубежи научно-технического прогресса.

1. <http://climate2008.igce.ru/v2008/v1/v1-4.pdf>.
2. *Climategroup.org.ua/upl/Нас zvit p parn gazy 90-07.pdf*Кадастр 1990-2007.
3. *Углекислый газ в атмосфере.* В Бах., А.Крейн, А.Берже и др.: Мир.1987. С.532.
4. <http://ru.wikipedia.org>.
5. *Сорохтин О.Г.* Парниковый эффект: миф и реальность. – Вестник РАЕН, 2001, т. 1, № 1, 6–7.
6. *Международная финансовая корпорация в сотрудничестве с Центром энергоэффективности (ЦЭНЭФ)*, 164 с.;
7. *Оценка выбросов парниковых газов предприятиями горно–металлургического комплекса Украины.* / В.Д.Мантула, С.В.Спирина, А.Л.Каневский и др. // Экология и промышленность. №3. 2008. 59-62 с.

8. «Перспективы энергетических технологий. В поддержку Плана действий «Группы восьми». Сценарии и стратегии до 2050 г.» ОЭСР/МЭА, перевод на русский язык WWF России. – М.: 2007. – 586 с. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/279/>.

*Статья рекомендована к печати
проф., докт.техн.наук Г.В.Левченко*

В.І.Большаков, Л.Г.Тубольцев, В.А.Горохова

Парниковий ефект і екологічні проблеми чорної металургії

Метою даної статті є аналіз кількості викидів парникових газів в атмосферу та їх вплив на зміни клімату. Показано, що природні явища і антропогенні викиди парникових газів призводять до зміни клімату, що веде до негативних наслідків практично у всіх областях діяльності людини. За інтенсивністю забруднення атмосфери чорна металургія є наступною після енергетики та транспорту. У той же час прямиий вплив чорної металургії на створення парникового ефекту до кінця не вивчено і потребує комплексного наукового підходу.