

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА (ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ) І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 669.85/86+502.7

¹А.И. Васильев, к.э.н.
²П.М. Канило, д.т.н.
²В.В. Соловей, д.т.н.

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА. ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

¹Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П.Василенко,²Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков,
solovey@ipmach.kharkov.ua

Рассмотрены основные причины, приведшие к изменению баланса между источниками выбросов парниковых газов в атмосферу и их естественными стоками. Показано, что прогнозируемое на ближайшее десятилетие увеличение производства энергии не является критическим с точки зрения «теплого загрязнения» окружающей среды. Обоснована необходимость переориентации технологического вектора развития на комплексное использование энергетических и материальных ресурсов, обеспечивающее снижение удельных показателей эмиссии CO₂ на единицу производимой продукции.

Ключевые слова: парниковые газы, атмосфера, энергия, климат, антропогенная нагрузка, энерготехнологии.

Введение

Современное глобальное потепление климата на нашей планете тревожит не только ученых, общественные и правительственные организации, но и практически всех здравомыслящих людей. Словосочетание "глобальное потепление" климата в средствах массовой информации стало, фактически "конца света". Поэтому мировое сообщество заинтересовано в получении физически обоснованной картины глобального потепления климата, а также устранение существующих неопределенностей и пространственно-временной детализации климатических прогнозов в приземном слое атмосферы.

Обычно под термином "атмосфера" понимают слой воздуха, окружающий Землю, – газообразно-аэрозольная оболочка планеты, масса которой $\sim 5,9 \cdot 10^{15}$ т. Современная земная атмосфера состоит из смеси хорошо перемешанных газов, основные из которых: азот (N₂) ~ 78 , кислород (O₂) ~ 21 , аргон (Ar) $\sim 0,9$, CO₂ $\sim 0,0389$ % (об.) или 590 млн⁻¹ (мас.). Остальные атмосферные газы имеют объемные концентрации не более $2 \cdot 10^{-3}$ %. Их принято называть малыми газовыми примесями атмосферы (CH₄, N₂O, O₃ и др.) [1 с.63-64]. Кроме того, атмосфера содержит водяной пар, количество которого варьирует в широких пределах, но, как правило, составляет ~ 1 % состава смеси по объему. Важными в атмосфере являются аэрозоли – это твердые или жидкие частицы с характерным размером от 0,01 до 10 мкм, которые могут оставаться в атмосфере, по крайней мере, несколько часов.

Под парниковым эффектом понимается поглощение атмосферой теплового излучения поверхности Земли и возврат части этого теплового потока обратно к земной поверхности, препятствуя тем самым рассеиванию потока этого излучения в мировое пространство. Причиной тому является наличие в атмосфере трех и многоатомных газов, получивших название парниковых газов (ПГ). К парниковым газам относят такие составляющие атмосферы естественного и антропогенного происхождения, которые поглощают и излучают радиацию в том же инфракрасном диапазоне, что и поверхность Земли. Парниковыми газами являются: CO₂, CH₄, N₂O, O₃ и H₂O. Существует ряд других ПГ антропогенного происхождения. Однако основным ПГ, участвующим в нарушении радиационного баланса Земли, является CO₂. С увеличением содержания ПГ в атмосфере количество поглощенной ими тепловой радиации и, следовательно, возвращаемой в направлении земной поверхности увеличивается, что, в свою очередь, может приводить к повышению температуры приземного слоя воздуха.

Состояние проблемы

Первое глобальное потепление климата в XX веке произошло в период с 1910 по 1940 гг. Затем, в течение ~ 30 лет, оно практически приостановилось, а потом, начиная с 1970 года, среднегодовая температура приземного слоя атмосферы стала несколько повышаться (рис. 1) [2 с.43-46].

По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) глобальное потепление климата, начавшееся с середины 70-х годов XX века, не вызывает сомнений [3 с.2-4,4 с.86], что привело к повышению среднегодовой температуры приземного слоя атмосферы и океана, сокращению площади морского льда.

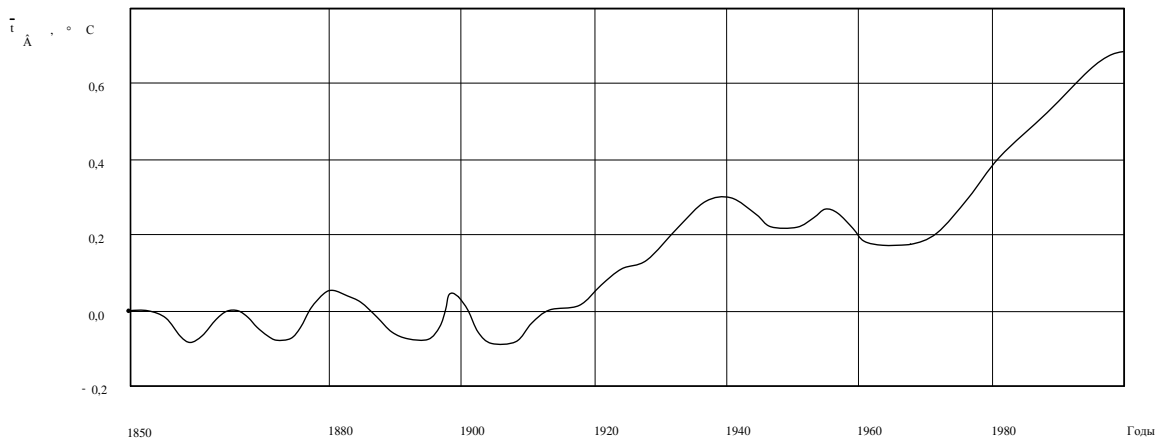


Рис. 1. Изменение среднегодовой температуры воздуха в приземном слое атмосферы.

Существуют три фундаментальные причины, влияющие на радиационный баланс земного шара, вызывая тем самым изменение климата: изменения орбитальных параметров Земли или уровней поступающего на верхнюю границу атмосферы потока солнечной радиации; изменение доли солнечной радиации, которая отражается в мировое пространство (эта доля может меняться в результате изменений облачности, концентраций атмосферного аэрозоля или отражательных свойств подстилающей поверхности); изменение потока длинноволновой радиации, уходящего в мировое пространство, в результате изменения концентрации ПГ в атмосфере.

Обсуждаются и другие альтернативные гипотезы потепления. Согласно одной из них значительное влияние на современный климат Земли могут оказывать изменения солнечной активности и соответственно изменения потока солнечной радиации, приходящей на верхнюю границу атмосферы. Однако, непрерывные наблюдения за Солнцем в течение 28 лет (отчет МГЭИК, 2007 г.) позволили установить, что изменение прямого радиационного воздействия солнечного потока на глобальную атмосферу составляет $0,12 \text{ Вт/м}^2$, что более чем на порядок меньше совместного воздействия "парниковых газов" и аэрозолей ($1,6 \text{ Вт/м}^2$). По мнению заведующего отделом климатических исследований и долгосрочных прогнозов погоды Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института (НИГМИ), профессора Вазира Мартазинова дополнительная энергия для глобального потепления поступает из недр Земли, причем циклически и неравномерно. В начале 80-х годов XX века появились так называемые полосы тепла – участки разогретой поверхности, простирающиеся с севера на юг в направлении меридианов. Вот они то и подогревают поверхностный слой Земли, особенно зимой (газета "Факты", 14.03.2008 г.).

Оценка вклада в изменение климата тепловой энергии, которая выбрасывается в атмосферу крупными городами, энергетическими и промышленными комплексами, транспортом и т.д. показали, что генерируемое в настоящее время количество энергии техногенного происхождения по отношению к энергии солнечной радиации, поглощаемой Землей, составляет лишь сотые доли процента, поэтому даже стократное увеличение производства энергии существенно не повлияет на глобальное изменение климата планеты [5 с.56-59]. Оно может, в определенной степени, сказаться лишь на региональном уровне (в зонах городов-мегаполисов, районах расположения ТЭС, ТЭЦ, АЭС с их прудами-охладителями). На основе

этого можно сделать важный вывод: предполагаемое в ближайшем будущем существенное увеличение производства и использования энергии человечеством (к 2050 г. ~ в 2 раза) не является ограничивающим с точки зрения потепления климата.

Анализ ситуации и пути решения проблемы

Динамическое равновесие CO_2 в атмосфере в значительной степени определяется механизмами его переноса между: тропосферой – мировым океаном – биосферой – стратосферой (рис. 2) [6 с.96-98].

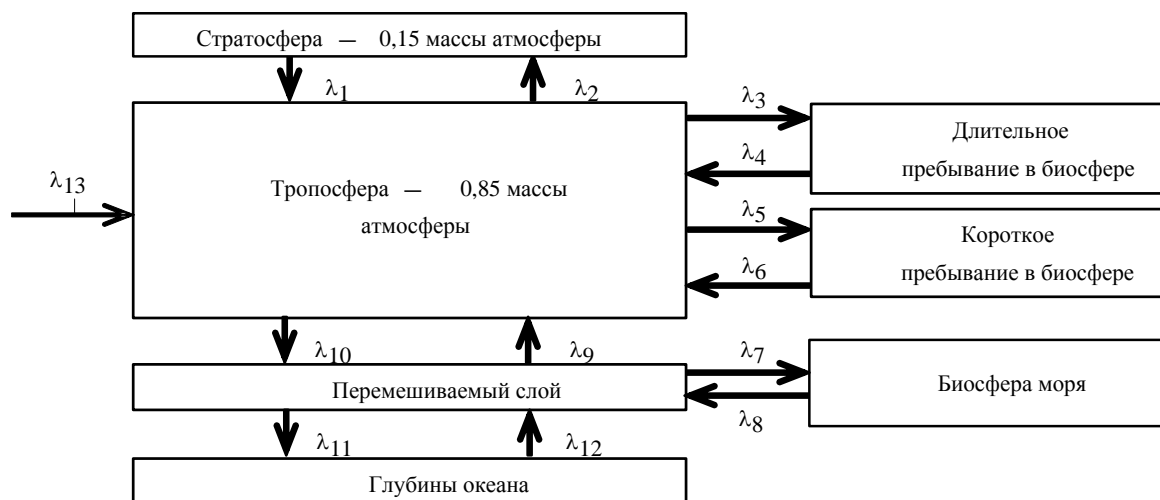


Рис. 2. Механизм переноса CO_2 (λ_{1-12} – доли CO_2 , переносимые из одного "резервуара" в соседний в направлении стрелки, λ_{13} – доля CO_2 , поступающая в тропосферу с продуктами переработки природных ресурсов и сжигания топлив).

Климатическая система изменяется во времени под воздействием собственной внутренней динамики и в результате внешних воздействий, например, извержения вулканов, вариаций потока солнечной радиации и воздействий, обусловленных хозяйственной деятельностью человека, таких как: изменение состава атмосферы, гидросферы, литосферы, в том числе, вследствие загрязнения ОС выбросами энергетики, транспорта, промышленности, бытовыми отходами; изменений в землепользовании, вырубка и старение лесов; и вообще – снижением объемов и продуктивности фотосинтезирующей растительности и микроорганизмов как на поверхности суши, так и в водах мирового океана (уменьшение уровней: λ_3 , λ_5 , λ_7).

Очень важным фактором в контексте рассматриваемой проблемы является то, что растительный мир особо чувствителен к очень малым концентрациям вредных веществ в атмосфере (оксидов азота и серы, озона, канцерогенно-мутагенных веществ и др.), при этом нарушается их жизнедеятельность, снижается ("подавляется") фотосинтезирующая активность и продуктивность растений. Физико-химическое, биологическое и тепловое загрязнение внутренних водоемов, морей и океанов нарушает газообмен воды с атмосферой, что приводит к снижению растворимости CO_2 в водах мирового океана (уменьшение уровня λ_{10}), к исчезновению многих видов животных и растений, т.е. идет деградация водных объектов. Поэтому в современных условиях под воздействием человеческой деятельности способность природных систем к самоочищению атмосферы серьезно нарушена, атмосферный воздух в полной мере не выполняет свои защитные функции, терморегулирующие и жизнеобеспечивающие экологические функции.

Таким образом, в период с 1970 г. по 2009 г. нарушен глобальный газообмен CO_2 между: атмосферой – биосферой (существенное снижение объемов и продуктивности фотосинтеза) и атмосферой – гидросферой (снижение растворимости CO_2 в водах мирового океана) при одновременном увеличении уровней выбросов CO_2 с продуктами переработки и сжигания ископаемых топлив. При этом установлена следующая закономерность.

$$\sum_{i=1971}^{2008} [(\lambda_4 - \lambda_3) + (\lambda_6 - \lambda_5) + (\lambda_9 - \lambda_{10})] > \sum_{i=1971}^{2008} [(\lambda_{13(i)} - \lambda_{13(1970)})].$$

В табл. 1, с целью оценки взаимосвязи между уровнями выбросов CO₂ с продуктами сжигания ископаемых топлив и его накоплением в атмосфере, приведены результаты по годовым и суммарным уровням потребления ископаемых топлив в мире, расчетным массовым уровням выбросов CO₂ с продуктами сгорания топлив в атмосферу и ее относительному тепловому загрязнению [7 с.428]. При этом уровни годовых массовых выбросов CO₂ в атмосферу при сжигании i-х топлив определялись по следующей формуле:

$$\bar{M}_{CO_2(i)} = (\mu_{CO_2} / \mu_C) \cdot \bar{M}_{T(i)} \cdot g_{C(i)} = 3,67 \cdot \bar{M}_{T(i)} \cdot g_{C(i)},$$

где $\bar{M}_{T(i)}$ – усредненное массовое потребление i-го углеводородного топлива в млн т/год;

$g_{C(i)}$ – массовая доля углерода в i-м топливе (для углей ~ 0,6; для природного газа ~ 0,75; для нефти ~ 0,84);

μ_C и μ_{CO_2} – соответственно молекулярные массы углерода и CO₂.

Таблица 1.

Мировые уровни потребления ископаемых топлив и выбросов CO₂ в атмосферу с продуктами их сжигания

Мировое потребление ископаемых топлив Суммарный выброс CO ₂ в атмосферу	По годам				
	1970 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.	2008 г.
<u>Нефть, млн т/год</u>	<u>2254</u>	<u>2980</u>	<u>3150</u>	<u>3551</u>	<u>3928</u>
CO ₂ , млн т/год	7123	9417	9954	11221	12412
<u>Природный газ, млн т/год</u>	<u>790</u>	<u>1150</u>	<u>1568</u>	<u>1940</u>	<u>2415</u>
CO ₂ , млн т/год	2173	3163	4312	5335	6641
<u>Уголь, млн т/год</u>	<u>3066</u>	<u>3616</u>	<u>4466</u>	<u>4900</u>	<u>5780</u>
CO ₂ , млн т/год	6745	7955	9825	10800	12716
<u>Суммарное потребление топлив, млн т.т./год</u>	<u>7155</u>	<u>9286</u>	<u>10920</u>	<u>12491</u>	<u>14555</u>
Суммарный выброс CO ₂ , млн т/год	16041	20535	24091	27356	31770
Антропогенное тепловое воздействие на атмосферу, ГДж/год·10 ⁻⁹	210	272	320	366	426
Доля антропогенного теплового воздействия от уровня поступающей солнечной энергии, %	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018

На рис. 3 представлены уровни повышения: среднегодовых температур приземного слоя воздуха ($\Delta \bar{t}_B$), концентраций ($\bar{C}_{CO_2(ATM.)}$) и массового содержания CO₂ в атмосфере ($\bar{M}_{CO_2(ATM.)} = \bar{M}_{(ATM.)} \cdot \bar{C}_{CO_2(ATM.)} \cong 5,9 \cdot 10^{15} \cdot \bar{C}_{CO_2(ATM.)}$), а также – численности населения планеты (\bar{N}) по годам за период с 1970 г. по 2009 г.

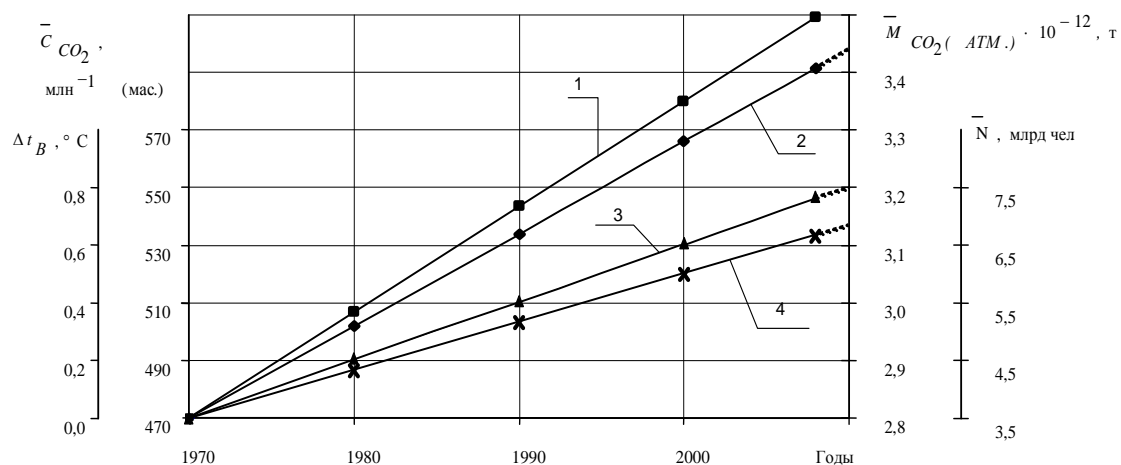


Рис. 3. Уровни изменения параметров атмосферы и численности населения в мире:

1 – \bar{M}_{CO_2} ; 2 – \bar{C}_{CO_2} ; 3 – $\Delta \bar{t}_B$; 4 – \bar{N} .

На рис. 4 приведенные данные по дополнительному суммарному накоплению CO_2 в атмосфере в период с 1971 г. по 2009 г. (в сравнении с 1970 годом); суммарному превышению массовых уровней выбросов CO_2 с продуктами сгорания топлив, в том числе, с ОГ автотранспортных средств за тот же период, а также – суммарному превышению уровней выбросов CO_2 при дыхании увеличивающейся численности населения планеты за рассматриваемый период.

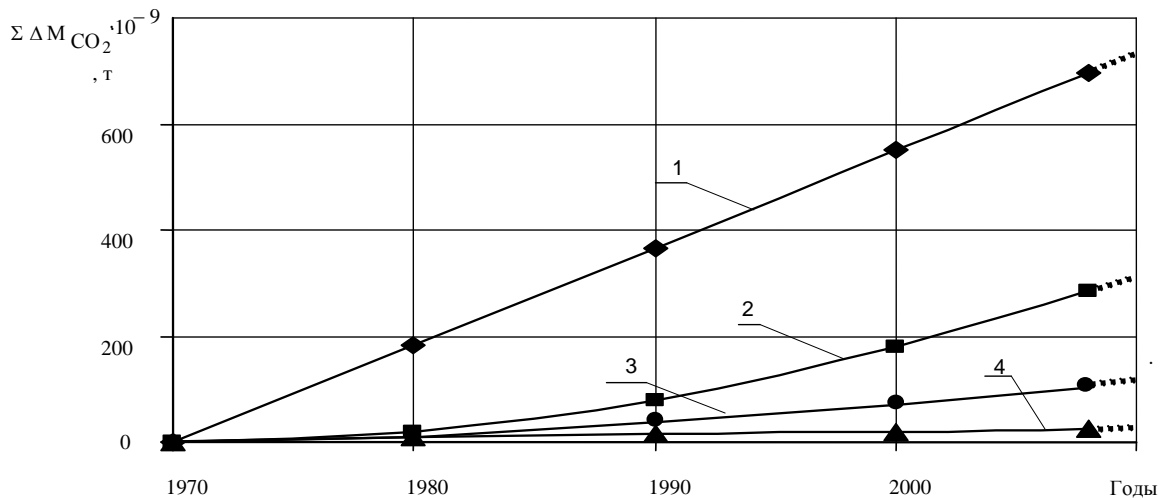


Рис. 4. Суммарные уровни накопления CO_2 в атмосфере, увеличения его выбросов с продуктами сжигания топлив и при дыхании человечества по сравнению с 1970 г.: 1 - $\Sigma\Delta M_{\text{CO}_2(\text{АТМ.})}$; 2 - $\Sigma\Delta M_{\text{CO}_2(\text{СЖ.Т.})}$; 3 - $\Sigma\Delta M_{\text{CO}_2(\text{АВТ.})}$; 4 - $\Sigma\Delta M_{\text{CO}_2(\text{ДЫХ.})}$.

Суммарное превышение уровней выбросов CO_2 с продуктами сгорания топлив за период с 1971 г. по 2009 г. (в сравнении с 1970 г.) определялось по следующей зависимости:

$$\sum_{i=1971}^{2009} \Delta M_{\text{CO}_2(\text{СЖ.Т.})} = \sum_{i=1971}^{2009} [M_{\text{CO}_2(i)} - M_{\text{CO}_2(1970)}].$$

По этой же зависимости определялось суммарное превышение уровней выбросов CO_2 с ОГ автотранспортных средств за тот же период (в сравнении с 1970 г.). К 2009 г. это превышение составило ~ 60 млрд т CO_2 , что соответствовало ~ 8 % от общего суммарного накопления CO_2 в атмосфере за рассматриваемый период времени.

В результате, общее снижение мировых уровней выбросов CO_2 с продуктами сгорания топлив в 2020 г. может составить ~ $5,6 \cdot 10^9$ т/год. Если учесть, что повышение содержания CO_2 в атмосфере на 100 млрд т приводит к росту "глобальной" температуры приземного слоя атмосферы ~ на $0,1^\circ\text{C}$, то указанное снижение уровней выбросов CO_2 в 2020 г. сможет обеспечить уменьшение указанной температуры лишь на $\Delta \bar{t}_B \approx 0,1 \cdot (5,6/100) \approx 0,006^\circ\text{C}$.

Вместе с тем, нельзя игнорировать проблему локального загрязнения ОС территориально-промышленными комплексами, характеризуемые концентрацией энергетических и производственных мощностей, потребляющих значительные объемы ресурсов и являющиеся крупномасштабными источниками теплового и химического загрязнения атмосферы.

Важной составляющей концепции устойчивого развития является методология индустриального симбиоза, которая базируется на межотраслевой энерготехнологической интеграции промышленного потенциала в рамках территориально-промышленных комплексов. Сущность индустриального симбиоза заключается в обеспечении перехода от узкоспециализированной технологии производства одного вида продукции, характерного для отдельного предприятия, к замкнутым производственным циклам с целью расширения спектров товара за счет утилизации и комплексного использования энергохимического потенциала материальных и энергетических вторичных ресурсов субъектов хозяйственной деятельности на данной территории.

В этой связи создание угольно-водородно-плазменных парогазовых энерготехнологических комплексов, обладающих повышенной топливной экономичностью, экологической безопасностью и обеспечивающих, с одновременной генерацией электроэнергии и тепла, также

производство синтетических энергоносителей, в том числе водорода, безусловно, актуально. Возможные схемы таких энерготехнологических комплексов приведены на рис. 5, где представлена технологическая увязка электро-, термо-, плазмохимических циклов (ЭХ, ТХ, ПХ) при получении синтетических жидких энергоносителей (СЖЭ).

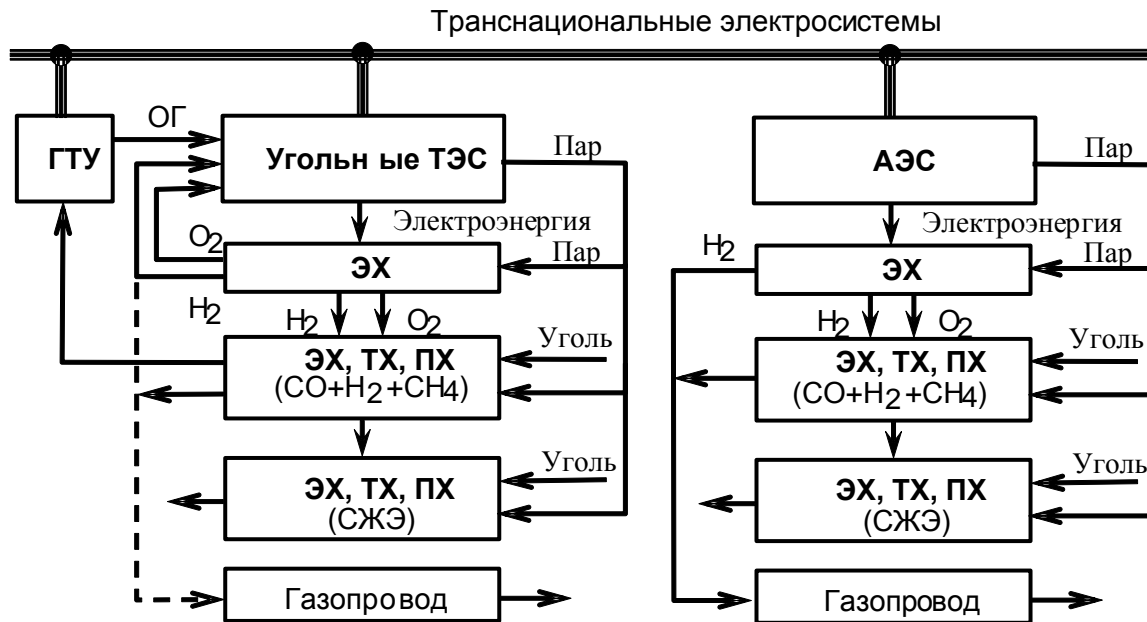


Рис. 5. Схемы угольно-водородно-кислородно-плазменных парогазовых энерготехнологических комплексов.

Такие энерготехнологические комплексы, созданные на основе международного сотрудничества и предложенные для широкого внедрения, смогут стать базовыми в развитии принципиально новых энерготехнологий, которые обеспечат существенное повышение экономичности (снижение удельных расходов энергоносителей практически в два раза) и экологической безопасности энергетики, в том числе, – снижение уровней выбросов CO₂.

В табл. 2 приведены сравнительные уровни годовых эмиссий CO₂ в атмосферу в период с 2000 г. по 2005 г.

Таблица 2.

Общий годовой приток CO₂ в атмосферу

Источник	Годовой поток CO ₂	
	млрд т / год	масс. доля, %
Мировая эмиссия CO ₂ , всего	~ 260	100
Природные источники, всего:	~ 227	~ 87
суша	~ 134	52
океан	~ 90	35
вулканическая деятельность	~ 2	< 1
Антропогенная деятельность:		
сжигание ископаемых топлив	~ 30	< 12
дыхание человечества	~ 2	< 1
изменение землепользования	~ 2	< 1

Выводы

1. Природа изменений мировой климатической системы очень сложна, поэтому объяснить перемены климата воздействием какого-либо одного фактора невозможно. Но факт современного глобального потепления климата, не вызывает сомнений. К одной из определяющих причин повышения содержания CO₂ в атмосфере следует отнести увеличение антропогенно-экологической нагрузки на природную среду и соответствующее снижение способности деградируемых наземных и океанических экосистем поглощать CO₂ по мере роста его концентрации в атмосфере. При этом накопление CO₂ в атмосфере нельзя объяснить только

увеличением уровней его выбросов с продуктами сжигания органических топлив. Во-первых, в общей годовой эмиссии CO_2 в атмосферу основная доля выбросов (87 %) определяется природными источниками (суша, океан, табл. 2), а доля CO_2 , выбрасываемого с продуктами сгорания топлив, включая и автотранспорт, не превышала 12 %. Во-вторых, в суммарном накоплении CO_2 в атмосфере за период с 1970 г. по 2009 г., составляющем ~ 700 млрд т, доля CO_2 , от увеличивающегося против 1970 г. количества сгорания топлив, была в диапазоне от 5 до 40 %, а доля CO_2 , вследствие дыхания увеличивающегося населения планеты, – была ниже 3 %. Существенное увеличение содержания CO_2 в атмосфере с 1970 г. по 2009 г. можно охарактеризовать "неразумной" хозяйственной деятельностью человечества: неэффективное и все возрастающее использование природных ресурсов, существенное сокращение площади лесов, в том числе тропических, на 25 %, загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы, приводящее к угнетению, деградации и уничтожению фиторастительности на суше и в океане и т.д. Все это способствовало ослаблению естественных стоков CO_2 и, таким образом, привело к снижению уровней поглощения CO_2 фотосинтезирующими системами, уменьшению его растворимости в водах мирового океана. В этом, видимо, и заключается основной антропогенез проблемы глобального потепления климата на Земле.

2. Результаты анализа свидетельствуют о том, что предполагаемое в ближайшие десятилетия существенное увеличение производства и использования энергии человечеством (~ в 2 раза к 2050 г.) не является критичными, с точки зрения глобального потепления климата на планете, так как уровни антропогенного "теплового загрязнения" ОС не превышают сотых долей процента от уровня солнечной энергии, достигающей поверхности Земли.

Вместе с тем экологизация хозяйственной деятельности, в первую очередь промышленности, энергетики и транспорта на основе использования наукоемких экологически чистых технологий, в том числе, применение в промышленности интегрированных технологий с замкнутыми производственными циклами позволит существенно снизить попадания в биосферу чуждых ей примесей антропогенного происхождения, что в результате приведет к повышению эффективности функционирования и продуктивности фотосинтеза и, соответственно, к увеличению поглощения CO_2 из атмосферы.

Внедрение новых высокоэффективных технологий использования природных ресурсов, в том числе, высокоэкономичных и экологически чистых технологий сжигания как традиционных, так и альтернативных энергоносителей, а также – технологий, с более широким применением возобновляемых источников энергии приведет к существенному снижению: удельного потребления энергоносителей, уровней выбросов в атмосферу экологически опасных ингредиентов, что будет способствовать снижению накопления CO_2 в атмосфере.

Список литературных источников

1. Семиноженко В.П. Энергия. Экология. Будущее / В. П. Семиноженко, П. М. Канило, В. Н. Остапчук, А. И. Ровенский – Харьков: Прапор, 2003. – 464 с.
2. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Паливно-енергетичний комплекс. Стратегія розвитку / Л.Л.Товажнянський, Б.О.Левченко. – Харків: НТУ "ХПІ", 2009. – 400 с.
3. Мелешко В.П. Потепление климата: причины и последствия. – "Химия и жизнь" № 4, 2007. – С.1 – 7.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Госгидромет). – Т. 1. Изменение климата, 2008. – 230 с.
5. Козин Л.Ф. Современная энергетика и экология: проблемы и перспективы / Л.Ф.Козин, С.В.Волков. – Киев: Наук. Думка, 2006. – 775 с.
6. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Конструктивна геоекологія: наукові основи та практичне втілення / за ред. Г.І.Рудька. – ТОВ "Маклауд", 2008. – 320 с.
7. Химия окружающей среды. – Пер. с англ. / под ред. А.П.Цыганкова. – М.: Химия, 1982. – 672 с.