

УДК 621.43.662.61

П. М. Канило, д-р техн. наук
М. В. Сарапина, канд. техн. наук
К. В. Костенко

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины
 (Харьков, e-mail: pmk@ipmach.kharkov.ua)

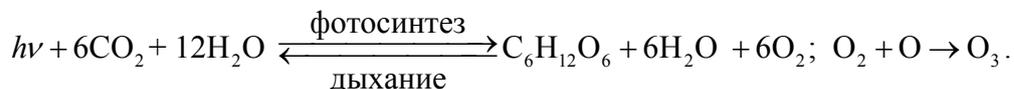
ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ФОТОСИНТЕЗ

Обосновывается вывод, что важнейшей составляющей глобальных кризисов на Земле, включая потепление климата и подтопление многих регионов планеты, кроме гипотетического влияния повышенной активности Солнца, является деятельность человечества, приводящая к разрушению регенеративных механизмов биосферы, к уничтожению и деградации фотосинтезирующих систем. Рассматриваются современные проблемы загрязнения атмосферы городов канцерогенно-мутагенными ингредиентами. Предлагаются пути решения глобальных энерго-экологических проблем.

Обґрунтовується висновок, що найважливішою складовою глобальних криз на Землі, включаючи потепління клімату і підтоплення багатьох регіонів планети, крім гіпотетичного впливу підвищеної активності Сонця, є діяльність людства, що призводить до руйнування регенеративних механізмів біосфери, до знищення і деградації фотосинтезуючих систем. Розглядаються сучасні проблеми забруднення атмосфери міст канцерогенно-мутагенними інгредієнтами. Пропонуються шляхи вирішення глобальних енерго-екологічних проблем.

Введение

Известно, что основой появления и продолжения жизни на суше планеты Земля явился фотосинтез. Фотосинтез – это процесс превращения зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами (при участии энергии солнечного света и поглощающих свет каталитически-активирующих пигментов – хлорофилл и др.) простейших соединений (диоксид углерода, вода и минеральные элементы) в сложные органические вещества, необходимые для жизнедеятельности всех организмов. Именно зеленый лист – это фабрика, вырабатывающая кислород для всего сущего на Земле, обеспечивающая существование защитного озонового слоя, поддерживающая баланс компонентов в биосфере и круговорот воды. При этом диоксид углерода (CO₂) – "хлеб насущный" для фотосинтезирующих растений и микроорганизмов. Фотосинтез в общем виде, а также реакцию образования озона можно представить следующей схемой [1]:



Итак, фотосинтезирующие системы сформировали на планете кислородсодержащую атмосферу с озоновым экраном, биосферу с плодородными почвами, соответствующий климат и рациональный уровень температур приземного слоя атмосферы, обеспечив тем самым человечество защитой от ультрафиолетового излучения Солнца, кислородом, пищей, водой, одеждой, стройматериалами, полезными ископаемыми, включая энергоресурсы (дрова, уголь, нефть, природный газ, сланцы ...) и др.

При этом активность и продуктивность фотосинтеза зависит от объемов и состояния фотосинтезирующих систем, концентрации CO₂ в атмосфере, наличия воды и минеральных компонентов в литосфере и т.д. Следует особо отметить, что фотосинтезирующие системы

предельно чувствительны к загрязнению окружающей среды (ОС) токсичными, канцерогенно-мутагенными, радиоактивными и другими вредными веществами (ВВ), которые порой даже при небольших концентрациях снижают эффективность фотосинтеза [2].

Связь между современным состоянием фотосинтезирующих систем планеты и глобальным потеплением климата

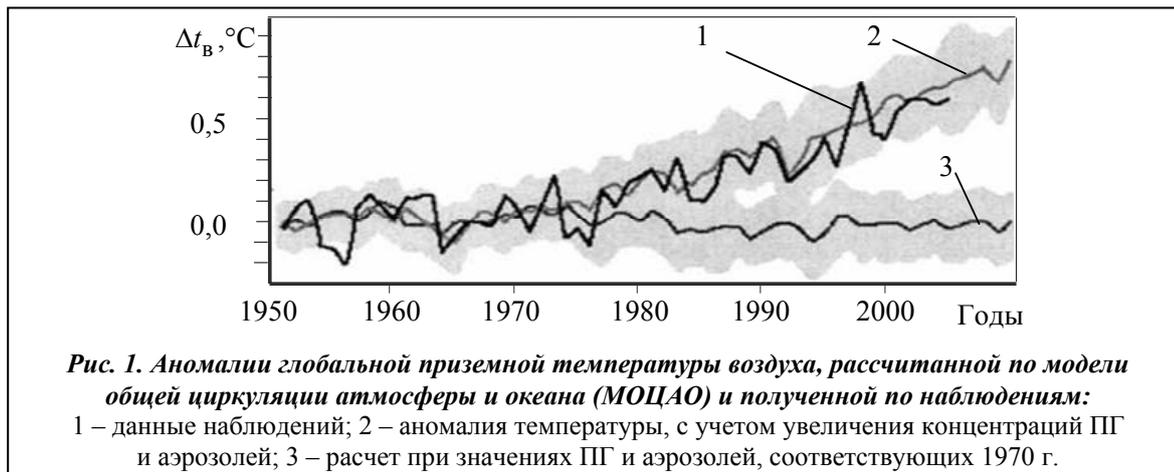
Вся история эволюции человечества, кроме использования преимуществ фотосинтеза, была связана с ростом потребления энергии и революционными периодами изменения видов потребляемых энергоресурсов. Человек, начиная со второй половины XX века, очень изменил нашу планету. Энергетика и огромные масштабы хозяйственной деятельности человечества уже стали нарушать общепланетарный масштаб природных сил и ресурсов. Сегодня более двух третей производимой энергии человечество получает благодаря сжиганию ископаемых углеводородных энергоносителей (нефть, природный газ, уголь). Суммарное годовое потребление указанных топлив составляет более 11 млн. т в нефтяном эквиваленте (т н.э. соответствует 41,9 ГДж). В ОС с продуктами сжигания топлив выбрасываются сотни миллионов тонн предельно опасных токсичных и канцерогенно-мутагенных ингредиентов. При этом концентрация канцерогенно-мутагенных ингредиентов в атмосфере крупных городов с развитым автомобильным транспортом превышает указанную концентрацию в сельской местности на один–два порядка [3, 4]. Кроме того, используется энергия, вырабатываемая на атомных электростанциях и гидроэлектростанциях.

Извлекаются и перерабатываются в год сотни миллиардов тонн других ископаемых (также невозобновляемых), из которых производится только 2–5% полезной продукции, а остальное выбрасывается, загрязняя ОС и формируя тем самым одну из форм техногенных пустынь на поверхности планеты. Кроме того, практически каждый житель современного города производит в год более половины тонны мусора. Таким образом, современная цивилизация – это «цивилизация мусора» и расширяющихся техногенных пустынь.

В атмосферу, литосферу и мировой океан сбрасывается огромное количество супертоксикантов, включая канцерогенно–мутагенные, предельно опасных для всего живого и приводящих к деградации и дальнейшему уничтожению фотосинтезирующих систем планеты. В настоящее время на планете уровень вырубке лесов (практически без восстановления) составляет 10–12 млн. га в год, а превращение плодородных земель в пустыни – более 6 млн. га в год. В мировой океан ежегодно поступает не менее 6 млн. тонн только нефти. Практически одна треть поверхности океана покрыта техногенными пленками, снижающими растворимость CO_2 в воде и, соответственно, уменьшающими уровень поступления CO_2 из атмосферы в океан. При повышении содержания CO_2 в атмосфере вследствие парникового эффекта происходит повышение температуры атмосферы, поднятие уровня мирового океана, перераспределение водных осадков, затопление многих регионов планеты.

Глобальное потепление климата – это реальность [4–6]. За последние 30 лет среднегодовая температура приземного слоя атмосферы повысилась на 0,6 °С, тают ледники, повышается уровень мирового океана. За последние десятилетия в Восточной Европе зимы стали мягче: морозы редки и недолги при частичных оттепелях. Западная Европа страдает от невиданных наводнений. Нечто подобное происходит в регионах Северной Америки, Юго-Восточной Азии и т.д. Общее потепление климата грозит добавить к этому морские наводнения. Современное глобальное потепление климата также связано с дальнейшим затоплением прибрежных территорий, в том числе ряда крупнейших городов. Однако до настоящего времени нет однозначности в понимании определяющих факторов современного потепления климата и возможностей человечества в решении этой глобальной проблемы. Существуют также неопределенности в прогностических оценках этого явления, в том числе по уровням изменений подвижного баланса между естественными источниками парниковых газов (ПГ), в первую очередь CO_2 , в тропосферу и его стоками.

Изменчивость климата на планете Земля определяется тремя главными источниками: первый находится в недрах Солнца и космоса (вариации солнечной активности, изменение положения Земли относительно светила), второй – в самой Земле, третий (как основной в



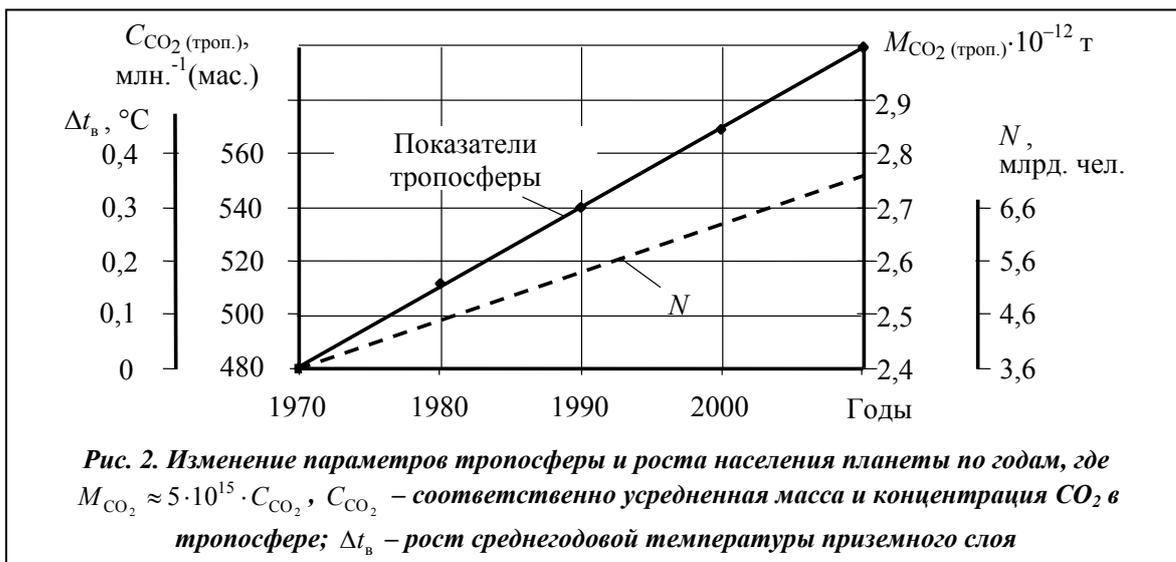
современных условиях) – в «хозяйственной» деятельности человечества, а вернее – в «бесхозяйственной, варварски-коммерческой» и неэффективной эксплуатации природных систем (не учитывающей потребностей своих будущих потомков) и являющийся экологически предельно опасным для всего живого на планете, включая и процессы глобального потепления климата. Именно антропогенно-экологический фактор, как будет показано далее, является одним из определяющих в проблеме глобального потепления климата.

В 1988 году Всемирная метеорологическая организация, в соответствии с программой ООН по окружающей среде, создала Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК) планеты, которая периодически публикует доклады о будущих изменениях «глобального» климата и возможном влиянии этих изменений на различные виды хозяйственной деятельности. По данным МГЭИК, других организаций и ряда ученых «глобальное потепление» климата, начавшееся с 70-х годов XX века, не вызывает сомнений. Уровни повышения температуры приземного слоя тропосферы приведены на рис. 1 [5].

В докладах МГЭИК отмечается, что процесс потепления климата вызван: увеличением выбросов в атмосферу CO_2 (и других ПГ) с продуктами сжигания ископаемых топлив и его накоплением в атмосфере, что приводит к усилению действия парникового эффекта, а также – ростом «теплого загрязнения» планеты при увеличении производства и использования энергии. Но если бы все дело было в техногенных выбросах CO_2 , то зеленым растениям это принесло бы пользу. Ведь CO_2 активизирует фотосинтез, способствует увеличению растительной биомассы. Однако продуктивность живого вещества за последние десятилетия не возросла (как отмечалось), а, напротив, уменьшилась. Следовательно, беда в другом – в уничтожении природных систем.

Действительно, можно утверждать, что с 1970 г. по 2010 г. наблюдалась положительная корреляция между ростом содержания CO_2 в атмосфере и повышением среднегодовой температуры приземного слоя атмосферы (рис. 2). Однако важно при этом научно обосновать истоки такого роста CO_2 в атмосфере.

Обосновывается вывод, что рост концентрации CO_2 в атмосфере и современное потепление климата на Земле в значительной степени связано с проблемой антропогенно-экологической, т. е. с загрязнением наземных и океанических фотосинтезирующих экосистем супертоксикантами, с их деградацией и разрушением. Именно «неразумная» хозяйственная деятельность человечества: неэффективное и все возрастающее использование природных ресурсов, существенное сокращение площади лесов и отсутствие их обновления, рост промышленных и городских территорий, резкое увеличение (на порядок) уровней загрязнения экоцидами атмосферы, литосферы, гидросферы, что препятствовало обмену газами атмосферы, гидросферы, литосферы, и привело к угнетению, деградации и уничтожению фотосинтезирующих систем на суше и в океане. Все это снизило уровни поглощения CO_2 фотосинтезирующими системами и его растворимость в водах мирового океана, т.е. способствовало ослаблению естественных стоков CO_2 из атмосферы, повышению его concentra-

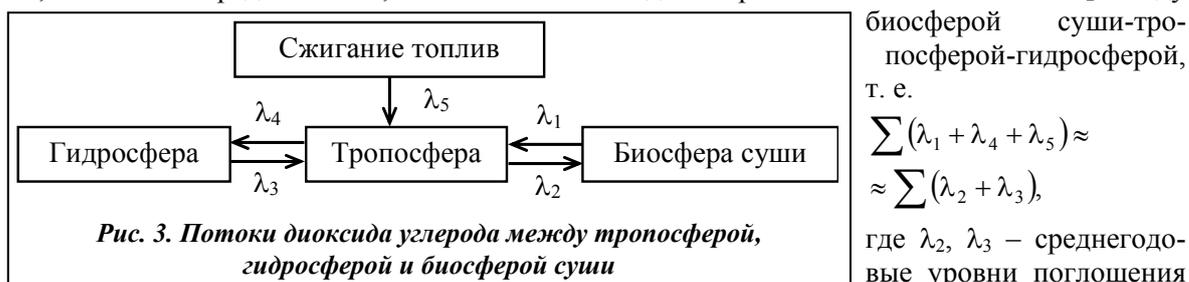


ции в атмосфере и усилению парникового эффекта, что привело к росту среднегодовой температуры приземного слоя атмосферы [4, 6].

Таким образом, основу «глобального потепления» климата составляют процессы, приводящие к нарушению замкнутости углеродного цикла, а также разрушение биосферы Земли. Последнее обусловлено увеличением антропогенно-экологической нагрузки на природную среду, высоким уровнем использования биосферных ресурсов, истощением плодородия земель, вырубкой и старением лесов, загрязнением атмосферы, литосферы и гидросферы предельно опасными для всего живого токсичными и канцерогенно-мутагенными химическими соединениями, тяжелыми металлами и радиоактивными элементами, выбрасываемыми, в том числе, с продуктами сжигания топлив.

Климатическая система Земли является сложной и включает пять важнейших составляющих: атмосферу, гидросферу, криосферу, поверхность суши, биосферу, и ее функционирование в значительной степени определяется условиями взаимодействия между ними. Динамическое равновесие CO_2 в атмосфере обуславливается механизмами его переноса между тропосферой, гидросферой и биосферой суши. Данные о структуре потоков CO_2 представлены на рис. 3.

Системы планеты поглощали из атмосферы и гидросферы в 1970 г. $\sim 200 \cdot 10^9$ т углерода, часть которого в виде CO_2 использовалась при фотосинтезе. При этом было образовано $\sim 400 \cdot 10^9$ т органических веществ и выделено $\sim 430 \cdot 10^9$ т кислорода. Кроме того, приводятся данные, что в 1970 г. уровень содержания CO_2 в тропосфере соответствовал $M_{CO_2(атм.)} \approx 2,4 \cdot 10^{12}$ т. При этом среднегодовой уровень природной эмиссии CO_2 в тропосферу биосферой суши и гидросферой составлял $\sim (\lambda_1 + \lambda_4) \sim 230 \cdot 10^9$ т/год, а среднегодовой уровень выбросов CO_2 с продуктами сжигания ископаемых топлив соответствовал $\lambda_5 \approx 17 \cdot 10^9$ т/год, что не превышало $\sim 7\%$ от общей эмиссии CO_2 в тропосферу [4]. Таким образом, среднегодовой приток CO_2 в тропосферу составлял $\sim 10\%$ от $M_{CO_2(атм.)}$, а доля $\lambda_5 \sim 0,7\%$. Можно предположить, что в 1970 г. наблюдалось равенство в газообмене CO_2 между



CO₂ фотосинтезирующими системами суши и его растворимость в водах мирового океана.

Изменение уровней среднегодовых потоков CO₂ и его накопления в тропосфере в период с 1971 г. по 2010 г. составляло

$$M_{\text{CO}_2(\text{троп.})} \approx 3 \cdot 10^{12} \text{ т,}$$

$$\Delta M_{\text{CO}_2(\text{троп.})} \approx (0,6 \cdot 10^{12} / 40) \approx 15 \cdot 10^9 \text{ т/год,}$$

$$\Delta \lambda_5 \approx (20 \cdot 10^9 / 40) \approx 0,5 \cdot 10^9 \text{ т/год.}$$

Следует особо отметить, что за рассматриваемый период среднегодовая природная эмиссия CO₂ в тропосферу составляла ~90%. Причем с каждым годом наблюдалось снижение природной эмиссии CO₂ в тропосферу вследствие разрушения и деградации фотосинтезирующих систем на суше и в океане. При этом среднегодовой уровень снижения природной эмиссии CO₂ соответствовал или даже превышал среднегодовые уровни роста выбросов CO₂ с продуктами сжигания ископаемых топлив, т. е.

$$|(\Delta \lambda_1 + \Delta \lambda_4)| \geq \Delta \lambda_5 \geq 0,5 \cdot 10^9 \text{ т/год.}$$

Это снижение природной эмиссии CO₂ в тропосферу наблюдалось даже при росте уровней эмиссии CO₂ при дыхании ежегодно увеличивающегося населения планеты (~0,08·10⁹ чел./год), т. е.

$$\Delta \lambda_{\text{дых.}} \approx (0,08 \cdot 10^9 \cdot 0,25) \approx 0,02 \cdot 10^9 \text{ т/год.}$$

Поэтому с большой степенью вероятности можно утверждать, что среднегодовое увеличение содержания CO₂ в тропосфере с 1971 г. по 2010 г. (~15·10⁹ т/год) в основном определялось ослаблением стоков CO₂, т. е.

$$|(\Delta \lambda_2 + \Delta \lambda_3)| \geq \Delta M_{\text{CO}_2(\text{троп.})} \geq 15 \cdot 10^9 \text{ т/год.}$$

США и Китай, которые ответственны за 40% мировых выбросов CO₂ в атмосферу с продуктами сжигания топлив, на 15-й климатической конференции ООН предложили к 2020 г. снизить годовые выбросы CO₂ в своих странах на 14–17% по сравнению с 2005 г., т. е. на

$$\Delta M_{\text{CO}_2} \approx 30 \cdot 10^9 \cdot 0,4 \cdot 0,17 \approx 2 \cdot 10^9 \text{ т/год.}$$

Ряд стран Европы, в том числе Россия и Украина, а также Индия, Япония и др., ответственные практически за 60% мировых выбросов CO₂, попытаются уменьшить выбросы CO₂ к 2020 г. в среднем на 25% по сравнению с 1990 г., т. е. на

$$\Delta M_{\text{CO}_2} \approx 24 \cdot 10^9 \cdot 0,6 \cdot 0,25 \approx 3,6 \cdot 10^9 \text{ т/год.}$$

Предложенное общее снижение мировых уровней выбросов CO₂ с продуктами сжигания ископаемых топлив в 2020 г. могло бы составить ~5,6·10⁹ т/год. Если учесть, что повышение содержания CO₂ в атмосфере на 100 млрд. т приводит к росту «глобальной» температуры приземного слоя атмосферы ~ на 0,1°С (рис. 2), то указанное снижение выбросов CO₂ в 2020 г. сможет обеспечить уменьшение среднегодовой температуры приземного слоя атмосферы только на

$$\Delta t_{\text{в}} \approx 0,1 \cdot (5,6 / 100) \approx 0,006 \text{ °С.}$$

Итак, к одной из определяющих причин повышения содержания CO₂ в атмосфере следует отнести увеличение антропогенно-экологической нагрузки на природную среду и соответствующее снижение способности уничтожаемых и деградируемых наземных, а также океанических экосистем поглощать CO₂ по мере роста его концентрации в атмосфере. Существенное увеличение содержание CO₂ в атмосфере с 1971 по 2010 гг. можно охарактеризовать «неразумной» хозяйственной деятельностью человечества: неэффективное и все возрастающее использование природных ресурсов, существенное сокращение площади лесов, в том числе тропических, старение лесов и отсутствие их обновления, загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы, приводящее к угнетению, деградации и уничтожению фиторастительности на суше и в океане. Все это способствовало снижению уровней поглощения CO₂ фотосинтезирующими системами, ослаблению естественных стоков CO₂ из атмосферы,

включая уменьшение его растворимости в водах мирового океана. В этом, видимо, и заключается основной антропогенез проблемы «глобального потепления» климата.

Загрязнение атмосферы городов канцерогенно-мутагенными ингредиентами [7]

Проблема канцерогенного загрязнения ОС, в первую очередь атмосферы крупных городов, является одной из наиболее острых и наименее решаемых среди всех экологических проблем. Считается, что ~90 % содержащихся в ОС канцерогенных углеводородов приходится на источники, обусловленные горением (энергетика, транспорт, промышленность и т.д.). При этом автотранспорт с ДВС является определяющим техногенным источником загрязнения атмосферы городов канцерогенно-мутагенными ингредиентами (КМИ). Индикатором наличия КУ в ОС и в отработавших газах (ОГ) автомобилей в международной практике принят бенз(а)пирен (БП – $C_{20}H_{12}$). Следует особо отметить, что в условиях ОС многие КУ, включая БП, совместно с оксидами азота (NOx) синтезируют нитроканцерогенные соединения, обладающие мутагенными свойствами, т.е. способными нарушать генетические программы клеток и вызывать в организме человека изменения наследственных свойств. Установлено также, что мелкодисперсные твердые (сажистые) частицы, а также пыль и т.д., сорбируя КУ, являются не только их носителями, но и многократно усиливают их канцерогенно-мутагенное воздействие на организм человека. При этом автомобили с дизельными ДВС выбрасывают с ОГ более чем в 10 раз больше ТЧ по массе, чем автомобили с бензиновыми двигателями, причем наночастицы в ОГ дизелей составляют более 90% от общего числа частиц и ~ 20% их общей массы. Одна из главных причин длительной стойкости КМИ в ОС – низкая водорастворимость, которая увеличивает их сорбцию почвенными частицами и ограничивает готовность к разложению микроорганизмами. Большинство КМИ являются также токсичными для бактерий и замедляют их биологическое разложение.

Экоканцерогенная опасность (ЭКО) автомобилей в основном (~ на 95%) характеризуется двумя парами супертоксиантов: (КУ + NOx) и (КУ + ТЧ), выбрасываемых с ОГ двигателей. По мнению медиков, именно КМИ в атмосфере больших городов ~ на 80% определяют риск возникновения злокачественных опухолей у людей. Поэтому интерес к проблеме загрязнения среды человека КМИ во всем мире растет, но, к сожалению, еще быстрее распространяется само присутствие этих соединений в экосистемах. Следует особо отметить, что стремительное увеличение количества автомобилей и их дизелизация, расширение использования высокоароматизированных топлив, а также увеличение доли использования устаревших автомобилей, а тем более автомобилей с неисправными ДВС, затрудняет решение отмеченных проблем. В ряде работ отмечается, что эмиссия БП в масштабах всего земного шара составляет более десяти тысяч тонн в год. При этом наблюдается существенная неравномерность среднестатистических данных по содержанию БП в атмосфере в зависимости от промышленного развития тех или иных регионов. В настоящее время в городах России и Украины с развитым автомобильным транспортом среднесуточные концентрации БП в атмосфере превышают на порядок указанные концентрации БП в сельских районах. В местах же интенсивного движения автотранспорта концентрация БП в воздухе превышает допустимый уровень на два и более порядков. В ряде стран Европы и США приняты государственные программы по существенному снижению канцерогенности продуктов сжигания топлив. Так, федеральное ведомство по охране ОС в Германии способствовало тому, что правительством была сформулирована задача: в ближайшие несколько лет уменьшить обусловленные автотранспортом выбросы КУ на 90%. Стокгольмская конвенция (2007 г.), цель которой – охрана здоровья человека и ОС от стойких органических загрязнителей (СОЗ), включая КУ, направлена на снижение их выбросов, а также отработку технологий их дальнейшего уничтожения.

Выводы

Итак, на планете Земля возникла глобальная суперэкосистема, которая развивается не по природным или общественным, а по присущим только ей социоэкологическим законам. На этой ступени глобальная земная экосистема теряет способность к естественной при-

родной саморегуляции. Именно в результате безнравственной политики и экономики природа и человек оказались перед угрозой деградации. В XXI в. человечество вступило в совершенно новый этап своего развития, когда только коллективный Разум и общие целенаправленные усилия позволят избежать глобальной экологической катастрофы. Фактор времени играет здесь решающую роль. Чем раньше человечество найдет разумные способы действий, тем меньшим придется поступаться людям в дальнейшем. Это реальность, и игнорировать ее бесконечно – опасно.

Для стабилизации климата на планете человечеству, включая Международные организации, в том числе ООН и Совет Европы, необходимо скоординировать свои действия на решении трех важнейших глобальных проблем:

- увеличение объемов и продуктивности фотосинтеза на планете (восстановление и посадка новых лесных массивов, расширение угодий под кормовые и продуктовые растения, в том числе использование искусственных фотосинтетиков и т.д.), что обеспечит: оздоровление биосферы, повышение интенсивности стоков CO₂ из атмосферы, а также расширение продовольственного потенциала планеты. "Озеленение" планеты Земля, сбережение и приумножение "зеленого золота" планеты должно стать основным социально-экономическим мотивом дальнейшего развития, а, возможно, и существования человеческого общества.
- экологизация хозяйственной деятельности, в первую очередь промышленности, энергетики, транспорта, быта, на основе использования наукоемких экологически чистых технологий, в том числе применение в промышленности технологий с замкнутыми производственными циклами, не нарушающими природного равновесия, что приведет к существенному снижению попадания в биосферу чуждых ей примесей антропогенного происхождения, к повышению эффективности функционирования и продуктивности фотосинтеза и, соответственно, к увеличению поглощения CO₂ из атмосферы. Для этого необходимо широкое развитие мирового рынка экотехнологий.
- экономизация хозяйственной деятельности на основе внедрения новых высокоэффективных технологий использования природных ресурсов, в том числе высокоэкономичных и экологически чистых технологий сжигания, как традиционных, так и альтернативных энергоносителей, в том числе водорода, а также технологий с более широким применением возобновляемых источников энергии. Ресурсо- и энергосбережение – основной путь экономизации и экологизации экономики. Следует отметить, что затраты ресурсов, энергии и труда на восстановление (стабилизацию) природной среды и лечение "больного" человечества могут стать в ближайшие десятилетия самой крупной статьей экономики мира и составить не менее 50% стоимости валового произведенного продукта. При этом одной из важнейших экологических проблем человечества является загрязнение ОС канцерогенно-мутагенными ингредиентами.

Литература

1. Черков Ю. Г. Фотосинтез: два века спустя / Ю. Г. Черков. – М.: Знание, 2001. – 192 с.
2. Проценко А. Н. Энергетика сегодня и завтра / А. Н. Проценко. – М.: Молодая гвардия, 1987. – 222 с.
3. Энергия. Экология. Будущее: Учеб. / В. П. Семиноженко, П. М. Канило, В. Н. Остапчук, А. И. Ровенский. – Харьков: Прапор, 2003. – 464 с.
4. Канило П. М. Автотранспорт. Топливо-экологические проблемы и перспективы: Монография / П. М. Канило. – Харьков: Харьков. нац. автотор. ун-т, 2013. – 272 с.
5. Мелешко В. П. Потепление климата: причины и последствия / В. П. Мелешко // Химия и жизнь. – 2007. – № 4. – С. 1–7.
6. Проблемы глобального потепления климата / Ю. М. Мацевитый, П. М. Канило, В. В. Соловей, А. Л. Шубенко // Экология и промышленность: Сб. науч. тр. – 2012. – № 1. – С. 18–23.
7. Канило П. М. Будущее автотранспорта – альтернативные топлива и канцерогенная безопасность / П. М. Канило, М. В. Сарапина // Автомоб. трансп.: Сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 31. – С. 40–49.

Поступила в редакцию
10.08.13