

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА. ТОПЛИВНО-ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

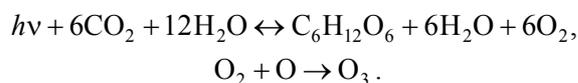
Канило П.М., ХНАДУ

Аннотация. В связи с усугубляющимися энерго-эколого-климатическими проблемами необходимо изменение энергетической основы жизнедеятельности человечества, включая стабилизацию энергопроизводства, крупномасштабную модернизацию угольной, расширение использования солнечной и супербезопасной атомно-водородной энергетики. Потребуется принципиальные изменения в стратегии природопользования, в первую очередь, восстановление механизмов природной регуляции среды жизни и ее климатостабилизирующих функций.

Ключевые слова: теплоэнергетика, энергоносители, токсиканты, парниковые газы, окружающая среда, глобальное потепление климата.

Введение

Граница между «нежизнью» и «жизнью» на планете Земля предположительно появилась через 250 миллионов лет после ее образования. Живая материя как особая ступень ее развития эволюционировала в Мировом океане в течение более 3 миллиардов лет. К концу этого периода живая материя изобрела один из вариантов фотосинтеза с выделением кислорода (как побочного продукта) при энерго-каталитическом разделении молекул воды (с использованием солнечной энергии) на водород и кислород с дальнейшим синтезом, совместно с растворенным в соленой воде океана диоксидом углерода (CO₂), органики – основного продукта питания живой материи. Схема фотосинтеза с производством органики и дальнейшим образованием озона в тропосфере приведена ниже.



После накопления кислорода в воде, а затем в атмосфере и формирования озонового экрана в стратосфере, защищающего все живое от ультрафиолетового спектра солнечного излучения, живая материя ~ 600 млн лет тому назад покорилась суше континентов Земли. Солнечная энергия и фотосинтез стали базовой основой жизни на Земле. Живые организмы сформировали на Земле кислородный состав атмосферы и защитный озоновый экран, плодородные почвы, леса, полезные ископаемые, природный (биотический) механизм стабилизации климата (путем регу-

лирования уровней парникового эффекта и альbedo Земли), создали биосферу и разум, т.е. подготовили все необходимые условия для существования и гармоничного развития ПРИРОДЫ и ЧЕЛОВЕКА.

Анализ публикаций

С последней четверти XX столетия стали существенно усугубляться ресурсно-энергетические и эколого-климатические проблемы на Земле, что требует эпохального изменения энерго-экологических основ всей жизнедеятельности человечества. Потребуется реальная экономизация и экологизация всей деятельности человеческого общества, включая принципиальные изменения в стратегии природопользования, в первую очередь, восстановление механизмов природной (биотической) регуляции среды жизни и ее климатостабилизирующих функций [1].

За последние 50 лет численность населения Земли удвоилась и составила ~ 7,5 млрд человек, уровень городского населения превысил 50 %, а суммарное мировое производство энергии достигло ~ 20·10⁹ ТДж, что в 3 раза превысило суммарные уровни энергопроизводства за два предыдущих столетия. При этом годовые уровни потребления ископаемых энергоносителей (уголь, нефть, природный газ) увеличились с 4,5 до ~ 12 млрд т н. э., т.е. возросли почти в 3 раза (табл. 1, [2]). Следует при этом отметить, что природных запасов нефти и природного газа на планете Земля осталось на несколько десятков лет, а твердых энергоносителей, включая угли, на несколько сотен лет.

Таблица 1 – Уровни потребления и мировые запасы ископаемых энергоносителей

Используемые энергоресурсы	Потребление по годам			Мировые запасы (2016 г.)
	1970	2000	2016	
нефть, млн т	2254	3551	4418	$241 \cdot 10^3$
природный газ, млн т н.э.	891	2185	3204	$168 \cdot 10^3$
уголь, млн т н.э.	1480	2379	3732	$558 \cdot 10^3$

В 2017 г. было произведено энергии $\sim 0,7 \cdot 10^9$ ТДж/год, что превысило уровень годового энергопроизводства в 1970 г. ($\sim 0,25 \cdot 10^9$ ТДж/год) на $\sim 0,45 \cdot 10^9$ ТДж/год, т.е. \sim в 2,8 раза. Этот уровень дополнительного выделения техногенной тепловой энергии стал сопоставимым с долей солнечной энергии, идущей на нагрев приземного слоя тропосферы континентов Земли, что явилось одним из составляющих глобального потепления климата. В 2017 г. удельно-годовой уровень мирового производства энергии на каждого живущего на Земле человека составлял $\sim 0,1$ ТДж/чел. в год, и, видимо, этот удельный уровень энергопроизводства является предельно допустимым со многих точек зрения, в том числе из-за роста уровня среднеглобальной среднегодовой приземной температуры воздуха (ССПТВ), достигшего в 2017 г. $\sim 1,1$ °C по сравнению с 1970 г. По утверждению ученых климатологов [3], критическим является соответствующее превышение SSPТВ более чем на 2 °C (из-за поднятия уровня Мирового океана, возможного утончения защитного озонового экрана или его зонного исчезновения, вследствие соответствующего переохлаждения стратосферы, и т.д.). Следовательно, традиционное энергопроизводство должно быть стабилизировано на современном уровне, т.е. на уровне $\sim 0,7 \cdot 10^9$ ТДж/год. Необходимость в дальнейшем росте энергопроизводства должна обеспечиваться только за счет расширения и эффективного использования солнечной энергии, не добавляющей тепловую нагрузку на тропосферу Земли. При этом максимальный уровень энергопроизводства к концу XXI века (например, при численности населения Земли ~ 10 млрд человек) не должен превышать $\sim 10^9$ ТДж в год.

Поэтому дальнейшее развитие макроэкономики должно осуществляться не путем роста традиционного энергопроизводства, а повышением эффективности использования природных ресурсов и производимой энер-

гии, т.е. необходимо уже в ближайшие годы широкомасштабное внедрение во всех областях человеческой деятельности высокоэффективных ресурсо(энерго)сберегающих технологий, а также солнечной энергетики [1, 4]. Примерами являются: использование энергосберегающих лампочек для освещения, например, мощностью 5–10 Вт вместо традиционных лампочек с нитью накаливания мощностью 60–75 Вт, широкомасштабное проведение работ в соответствии с национальными программами в США, Израиле, Австралии и др. странах по солнечной электрификации домов, улиц, городов и т.д.

Перспективы развития теплоэнергетики

В XXI веке должна быть эпохально изменена энергетическая основа жизни человечества: с реальной экономизацией и экологизацией энергетики как базовой основы макроэкономики и всей жизнедеятельности человеческого общества, включая принципиальные изменения в стратегии природопользования, в первую очередь, восстановление механизмов природной (биотической) регуляции среды жизни и климатостабилизирующих функций, а также – широкомасштабное внедрение солнечной энергетики. При этом стационарная теплоэнергетика (структурно модернизированная угольная энергетика с повышенной топливной экономичностью и экологической безопасностью, солнечная и супербезопасная атомно-водородная энергетика) должна обеспечивать (с учетом конечности запасов нефти и природного газа) энергоносителями (теплом, электроэнергией, синтетическими углеводородными топливами и водородом) промышленное производство, транспортные системы, включая автотранспорт, а также – бытовые сферы.

Развитие угольной энергетики в XXI в.

В связи со значимыми ресурсными запасами углей на Земле угольная энергетика будет оставаться базовой и к середине XXI столетия должна обеспечивать ~ 30 % от суммарного энергопроизводства. Однако для этого потребуются существенная крупномасштабная модернизация как всей угольной отрасли, так и принципиальная реконструкция угольных тепловых электростанций (ТЭС), направленная на существенное повышение их топливной экономичности и экологической безопасности. Важное направление – совершенствование технологий сжигания угольной пыли, в том числе в

кипящем слое, плазменное и т.д., обеспечивающих более эффективное сжигание углей без дополнительного использования природного газа. Опыт создания эффективных энергетических котлов с циркулирующим кипящим слоем угольной пыли имеется в США и ФРГ.

Одновременно должны разрабатываться и внедряться комбинированные высокоэффективные энерготехнологические комплексы (с использованием парогазовых циклов, МГД-генераторов, газификаторов угольной пыли, электролизеров и т.д.), на которых дополнительно будут вырабатываться синтетические энергоносители, включая моторные топлива. Прогнозируется, что к 2040 г. половина добываемых углей должна будет перерабатываться в синтетические углеводородные топлива (СУВТ).

На рис. 1 [1, 4] приведена схема парогазового энерготехнологического комплекса, концепция которого разработана в Институте проблем машиностроения (ИПМаш) НАН Украины, запатентованы плазменные и водородные технологии сжигания угольной пыли и производства СУВТ.

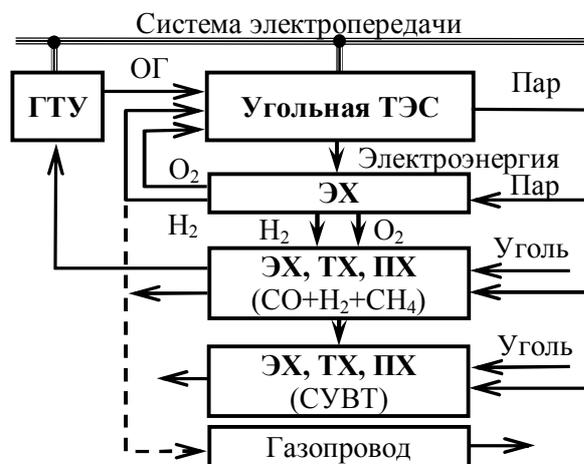


Рис. 1. Схема энерготехнологического комплекса: ЭХ, ТХ, ПХ – электро-, термо-, плазмохимические циклы

В энергокомплексе будут реализованы угольно-плазменно-водородно-кислородные технологии сжигания угольной пыли в котле с циркулирующим кипящим слоем и дополнительно производится СУВТ. Создание такого комплекса возможно на основе международного сотрудничества ряда стран, например, США, ФРГ, Франция, Украина, Норвегия.

Возобновляемые источники энергии

Важнейший стратегический путь развития мировой теплоэнергетики: широкое внедрение ресурсо(энерго)сберегающих технологий, а также существенное расширение и более эффективное использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в первую очередь солнечной энергии (табл. 2, [1]).

Таблица 2 – Технический потенциал ВИЭ на Земле, млрд т н.э./год

Вид ВИЭ	Солнечная	Гидро-	Ветро-	Всего
Потенциал	61,9	1,3	4,6	68,3

Из представленных данных следует, что технический потенциал солнечной энергии составляет более 90 % от суммарного потенциала возобновляемых источников энергии на Земле. Прогнозируется, что уже к середине XXI века ~ 30 % общего мирового энергопроизводства будет осуществляться на солнечных электростанциях (СЭС). Во многих странах мира (США, Япония, Израиль, Австралия и др.) на основе национальных и международных программ осуществляется солнечная электрификация домов, городов и т.д. Так, ежегодные капиталовложения некоторых стран мира в солнечную энергетику растут, а их доля, например в США, уже сейчас составляет более половины вложений в строительство традиционных ТЭС. Американская фирма «Тесла» в соответствии с международной программой проводит широкомасштабные работы по солнечной электрификации ряда регионов Австралии. Выполняется масштабный международный проект по запуску космической СЭС мощностью ~ 15 ГВт. При этом гидро-, ветро- и биоэнергетика будут играть значимую роль, особенно в районах, отдаленных от большой энергетики.

Атомная энергетика

Приняты необходимые меры по обеспечению супербезопасности функционирования существующих, строящихся и планируемых к строительству атомных электростанций (АЭС). Примером надежной эксплуатации АЭС является Франция, где обеспечивается высокая параметрическая надежность систем АЭС и практически устранена возможность проявления «человеческого фактора». На мировом уровне созданы и внедряются безопасные реакторы четвертого и пятого поколений, обладающие высоким уровнем само-

защищенности. В США изготовлены безопасные наземные передвижные АЭС. Прогнозируется, что доля АЭС в мировом энергопроизводстве уже к середине XXI века может составить 15–20 % [1]. Подписано международное соглашение (ЕС, США, Китай, Япония, Россия и др.) о строительстве первого в мире термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР), запуск которого намечен ~ к 2025 г. во Франции. В США возведен экспериментальный комплекс, в котором для создания термоядерной реакции используются лазеры. Но реальная эксплуатация термоядерных установок (ТЯУ) возможна, видимо, к концу XXI века. Важно отметить, что запасы дейтерия и трития для ТЯУ в тысячи раз превосходят запасы земных углеродсодержащих энергоресурсов. Кроме того, ТЯУ не будут нуждаться в плутонии и в заводах по переработке отработавшего топлива.

Базовые истоки экологических проблем

Эколого-климатические проблемы на Земле – это, в первую очередь, столкновение технократической цивилизации и человеческого общества с ПРИРОДОЙ. Потребительски-хищническое отношение человечества к ПРИРОДЕ и негативные ресурсные и экологические воздействия современной энергетики привели к различным формам деградации и разрушения природной среды, к снижению качества функционирования систем биосферы, в том числе – биопродуктивности, средообразующих и климатостабилизирующих функций с отрицательными последствиями для человечества [5]. За период с 1970 г. по 2017 г. продуктивность биосферы снизилась ~ на 20 %.

Использование углеводородных топлив (УВТ) и их неэффективное использование предопределило специфический набор связанных с этим экологических проблем. В 2017 г. теплоэнергетикой было использовано: ~ 12 млрд т н. э. УВТ, ~ 150 млрд т воздуха и, соответственно, выброшено в ОС более 160 млрд т продуктов сжигания, включающих загрязняющие вещества. Было при этом выброшено в ОС ~ 34 млрд т CO₂, являющегося основным парниковым газом (ПГ) в тропосфере, а также ~ 1 млрд т предельно опасных супертоксикантов (СТ): оксидов азота (NO_x) и серы (SO₂), мелкодисперсных твердых, в том числе сажистых, частиц (ТЧ), канцерогенно-мутагенных ингредиентов, тяжелых металлов, радионуклидов и т.д., разрушающе действующих как на си-

стемы биосферы, снижая качество их функционирования, так и на здоровье людей (табл. 3, [1, 2]).

Таблица 3 – Потребление энергоносителей и уровни выбросов загрязняющих веществ

Потребление ПЭ, УВТ и выбросы загрязняющих веществ в ОС	По годам		
	1970	2000	2017
ПЭ, млн т н.э./год	4910	9388	13276
УВТ, млн т н.э./год	4625	8115	12000
CO ₂ , млрд т/год	14,5	24	33,5
SO ₂ , млн т/год	170	350	500
NO _x , млн т/год	70	150	200
ТЧ, млн т/год	4	7,5	10
БП, т/год	200	400	600

Примечание. ПЭ – первичные энергоносители; БП – бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂) – индикатор наличия канцерогенных углеводородов в продуктах сжигания УВТ.

Глобальное потепление климата

Потепление климата – это кризис технократической цивилизации с ее потребительски-варварским отношением к ПРИРОДЕ. Загрязнение среды жизни СТ (со значительной долей влияния энергетики), деградация биосферы и т.д. – лежат в основе реального потепления климата вследствие нарушения веками отработанного биотического механизма стабилизации климата. Происходит усиление парникового эффекта из-за снижения стока CO₂ и его накопления в тропосфере (рис. 2, [6]).

Например, в 1970 г. наблюдалось примерное равенство в газообмене по CO₂

$$\Sigma(\lambda_1 + \lambda_4 + \lambda_5) \approx \Sigma(|\lambda_2| + |\lambda_3|).$$

В настоящее время, в результате снижения стоков CO₂ из тропосферы

$$\Sigma(|\lambda_2| + |\lambda_3|) < \Sigma(|\lambda_1| + |\lambda_4| + |\lambda_5|).$$



Рис. 2. Поток CO₂ между тропосферой, гидросферой и биосферой суши

На рис. 3 приведены данные по изменениям концентраций CO₂ в тропосфере

($C_{\text{CO}_2(\text{троп})}$), росту ССПТВ – $\Delta t_{\text{В}}$, уровням дополнительного массового накопления CO_2 ($\Delta M_{\text{CO}_2(\text{троп})}$) и суммарным уровням превышения (по сравнению с 1970 г.) массовых выбросов CO_2 с дымовыми газами мировой стационарной теплоэнергетической отрасли ($\Delta M_{\text{CO}_2(\text{энерг})}$).

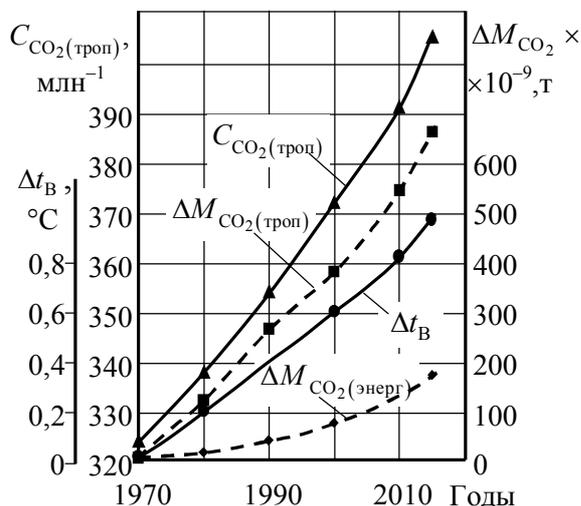


Рис. 3. Изменение параметров тропосферы по годам

Из представленных данных следует, что рост выбросов CO_2 мировой теплоэнергетической составляет менее 25 % от его накопления в тропосфере. Поэтому принятое политикотехногенное решение проблемы глобального потепления климата, путем улавливания CO_2 из дымовых газов теплоэнергетики, является тупиковым. При внедрении указанных технологий улавливания CO_2 растущая ССПТВ ($\Delta t_{\text{В}}$) может быть снижена менее чем на 0,05 °C, а затраты могут составить десятки и сотни миллиардов долларов США [7].

Канцерогенное загрязнение городской среды

Канцерогенное загрязнение городской среды автотранспортом представляется одной из наиболее острых и наименее решаемых экологических проблем. Современный уровень содержания канцерогенных углеводородов (КУ) в городской среде на порядок превышает их содержание в сельской местности и на два порядка – в зоне движения автотранспорта. Экоканцерогенную опасность (ЭКО) автомобилей ~ на 90 % определяют две пары супертоксикантов, выбрасываемых с отработавшими газами (ОГ): NO_x и КУ, а также КУ и твердые частицы (ТЧ).

Указанные супертоксиканты дополнительно синтезируют нитроканцерогенные ингредиенты, обладающие мутагенными свойствами, т.е. способностью нарушать генетические программы организма человека. По мнению медиков, именно высокий уровень содержания КУ в атмосфере больших городов ~ на 80 % определяет риск возникновения онкозаболеваний у людей.

В ИПМаш НАН Украины разработана методология интегральной оценки эксплуатационной экоканцерогенной опасности (ЭКО)_j и допустимых по европейским требованиям уровней экоканцерогенной опасности [ЭКО]_j для автомобилей с различными двигателями внутреннего сгорания (ДВС), а также – показателя превышения допустимых норм [8–10]:

$$(\text{ЭКО})_j = \left\{ \sum_{i=1}^3 k_i \frac{m'_i}{[\text{ПДК}_i]_{\text{ср}}} \right\},$$

$$[\text{ЭКО}]_j = \left\{ \sum_{i=1}^3 k_i \frac{m'_i}{[\text{ПДК}_i]_{\text{ср}}} \right\},$$

$$K_j = (\text{ЭКО})_j / [\text{ЭКО}]_j,$$

где m'_i – массовый выброс i -го вредного вещества (ВВ) с ОГ автомобиля за 1 км пробега по Европейскому городскому ездовому циклу; k_i – показатели усиления совмещенного действия i -х ВВ в условиях городской среды с учетом явлений синергизма: $k_{\text{NO}_x} = 3$; $k_{\text{ТЧ}} = 2,4$; $k_{\text{КУ}} = 5,2$; $[\text{ПДК}_i]_{\text{ср}}$ – среднесуточные предельно допустимые концентрации ВВ в условиях городской среды, мг/м³.

На ЭКО автомобилей существенное влияние оказывают: техническое состояние ДВС (при нарушении регулировки холостого хода выброс БП с ОГ увеличивается в 5 раз; при неисправности систем питания – в 10 раз, при неисправности систем зажигания – в 100 раз), а также – эксплуатационная экономичность (рис. 4). Значимое влияние оказывает также уровень содержания ароматических углеводородов в топливах (при увеличении содержания АУ в дизельном топливе с 30 % до 56 %: уровни выбросов ТЧ увеличиваются ~ в 5 раз, а БП ~ в 10 раз). Следует отметить, что удельные уровни выброса БП с ОГ дизелей в 2–5 раз выше, чем у автомобилей с бензиновыми ДВС. Поэтому необходимо использование моторных топлив с существенно пониженным содержанием ароматических углеводородов и серы, а также использование спиртовых топлив и водорода в качестве дополнительных, так и основных энергоносителей.

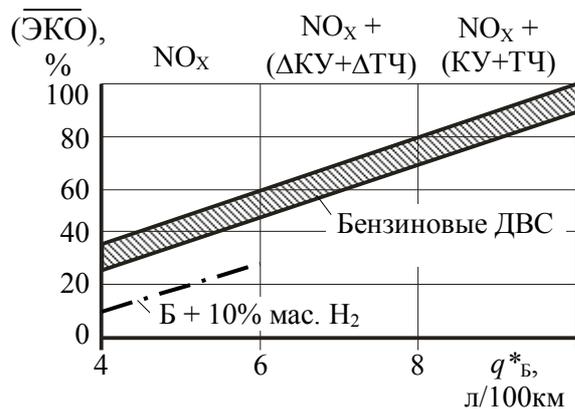


Рис. 4. Экоканцерогенная опасность легковых автомобилей с ДВС в зависимости от их эксплуатационной экономичности: q^*_B – приведенный расход бензина (Б)

Существенно снижаются уровни выбросов КУ с ОГ автомобилей при их оборудовании каталитическими системами нейтрализации ОГ. Важнейшее направление в решении этой проблемы – озеленение городов и расширение использования электромобилей.

Выводы

Деятельность человеческого общества в XXI веке характеризуется существенным усугублением ресурсно-энергетических проблем, включая резкое увеличение объемов потребления и неэффективного использования как природных энергоресурсов (при конечности их запасов), так и производимой энергии, и связанных с этим эколого-климатических проблем. За последние 50 лет суммарное мировое производство энергии достигло $\sim 20 \cdot 10^9$ ТДж, что в три раза превысило уровни энергопроизводства за два предыдущих столетия. В 2017 г. было произведено энергии $\sim 0,7 \cdot 10^9$ ТДж/год, что превысило уровень производства энергии в 1970 г. \sim в 2,8 раза. Этот дополнительный уровень техногенно-тепловой нагрузки стал практически сопоставим с долей солнечной энергии, идущей на нагрев приземного слоя тропосферы континентов Земли, и является, вероятно, предельно допустимым, в том числе из-за проблем, связанных с глобальным потеплением климата, поднятием уровня Мирового океана, увеличением стихийных бедствий на Земле, разрушением озонового слоя и т.д. Поэтому годовое традиционное энергопроизводство на Земле должно стабилизироваться на уровне 2017 г. и дальнейший рост возможен только за счет солнечной энергетики, которая не добавляет тепловую

нагрузку на планету. Итак, в XXI веке должна быть эпохально изменена энергетическая основа жизни человечества – с реальной экономизацией и экологизацией энергетики как базовой основы макроэкономики, и всей жизнедеятельности человеческого общества, включая принципиальные изменения в стратегии природопользования, в первую очередь, восстановление механизмов природной регуляции среды жизни и климатостабилизирующих функций, а также – широкомасштабное внедрение солнечной энергетики. Потребуется масштабная модернизация угольной и атомной энергетики, направленная на существенное повышение их эксплуатационных показателей, включая топливную экономичность, экоканцерогенную безопасность и параметрическую надежность.

Современные ресурсно-энергетические и эколого-климатические проблемы тесно взаимосвязаны. Именно потребительски-хищническое отношение человеческого общества к ПРИРОДЕ и негативные ресурсно-экологические воздействия теплоэнергетики привели к различным формам разрушения и деградации природной среды, снижению качества функционирования систем биосферы. В 2017 г. стационарной и транспортной энергетикой было израсходовано ~ 12 млрд т н.э. ископаемых топлив, а выброшено в ОС: ~ 160 млрд т продуктов сжигания, в том числе ~ 34 млрд т CO_2 , ~ 1 млрд т супертоксикантов, включая предельно опасные канцерогенно-мутагенные ингредиенты, тяжелые металлы, радионуклиды, разрушающе действующие как на системы биосферы, снижая качество их функционирования, так и на здоровье людей. Продуктивность биосферы с 1970 г. по 2017 г. снизилась \sim на 20 %, существенно уменьшился сток CO_2 из тропосферы, и, соответственно, произошло увеличение его концентрации в тропосфере, что стало одной из важнейших составляющих усиления парникового эффекта и глобального потепления климата на Земле.

Глобальной стала проблема канцерогенно-мутагенного загрязнения городской среды автотранспортом. По мнению медиков именно высокий уровень канцерогенного загрязнения атмосферы городов \sim на 80 % определяет риск возникновения онкозаболеваний у городского населения. Поэтому потребуется реальная экономизация и экологизация стационарной и транспортной теплоэнергетики, а также – всех сфер человеческой деятельности. Именно таким образом можно сохранить

природно-безопасные условия жизни на Земле и обеспечить стабильное существование цивилизации на длительную перспективу. Принятое же политико-техногенное решение проблемы потепления климата путем улавливания CO₂ из дымовых газов стационарной теплоэнергетики является тупиковым и не сможет обеспечить снижение растущей ССПТВ, а затраты при этом могут составить десятки и сотни миллиардов долларов США.

Украине в наследство (1990 г.) досталась мощная теплоэнергетическая база: 83 блока угольно-газовых ТЭС и 15 блоков АЭС, которые к настоящему времени полностью выработали свой технический ресурс. Вследствие этого уже в ближайшие годы надежное и экобезопасное снабжение энергией производственных и бытовых сфер Украины может стать, вероятно, невыполнимым. Поэтому уже сегодня необходима разработка в Украине национальной энергетической программы по реальной модернизации блоков ТЭС и АЭС на новой конструктивно-технологической базе, а также – по созданию современной солнечной энергетики. Однако необходимо четко понимать, что без технологической помощи ряда дружественных стран (США, ФРГ, Франция, Канада, Норвегия и др.) такую модернизацию традиционной энергетики и внедрение СЭС провести практически невозможно.

Национальная академия наук Украины (НАНУ) должна стать проводником и активатором руководства Украины (включая областные руководства) на необходимость государственного финансирования работ по разработке и реализации национально-международной программы, направленной на создание высокоэффективной и экологически безопасной отечественной теплоэнергетики, соответствующей реалиям XXI века. Руководство Украины должно не только запрашивать у США и Евросоюза денежные средства, а договариваться о реальной технической помощи Украине, например, по внедрению современных технологий для отечественного производства топлив для АЭС, по установке на одном из отечественных блоков АЭС реактора с высоким уровнем самозащитности, по монтажу в одном из южных регионов Украины современной СЭС, как это сделала в 2017 г. американская фирма «Тесла» в ряде регионов Австралии.

Со странами европейского сообщества (например, ФРГ, Франция, Норвегия) необходимо обсудить возможность совместной

разработки и создания высокоэффективного, надежного и экологически безопасного парогазового угольно-плазменно-водородно-кислородного многофункционального энерготехнологического комплекса для производства: электроэнергии, тепловой энергии и синтетических топлив, включая жидкие моторные топлива с заданными эксплуатационными характеристиками. Украина, для совместного создания такого комплекса, может предоставить собственные научные разработки, например Института проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины (г. Харьков): а) принципиально новые технологии для плазменной активации угольной пыли перед ее подачей в котел; б) технологию и оборудование по использованию водорода в качестве как дополнительного энергоносителя, так и эффективного реагента при газификации угольной пыли; в) технологии и оборудование для термомеханического сжатия водорода и кислорода до предельно высоких давлений, так необходимых при парокислородной газификации угольной пыли и производстве жидких моторных топлив; г) новые методики, технологии и устройства для интегральной оценки экокандерогенной безопасности энерготехнологического комплекса; д) новую методологию и технологии по минимизации воздействия энергокомплекса на глобальное потепление климата. Возможно также участие в создании такого энерготехнологического комплекса других институтов НАН Украины и университетов, а также – ряда отечественных предприятий: «Турбоатом» и «Электротяжмаш» (г. Харьков), «Мотор-Сич» (г. Запорожье), «Заря-машпроект» (г. Николаев) и др. Руководству Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, учитывая опыт создания экспериментальных образцов скоростных автомобилей, в том числе электромобилей, необходимо активизировать руководство Украины (включая областное руководство) на необходимость создания в г. Харькове центра по производству электромобилей.

Литература

1. Канило П. М. Теплоэнергетика. Топливо-экологические проблемы и перспективы развития / П.М. Канило // Проблемы машиностроения. – 2017. – Т. 20, № 1. – С. 69–87.
2. BP-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report. – 2017. – Режим доступа:

- <http://www.bp.com/statisticalreview>.
3. Лосев К. С. Парадоксы борьбы с глобальным потеплением / К.С. Лосев // Вестн. РАН. – 2009. – Т. 79, № 1. – С. 36–40.
 4. Канило П. М. Угольно-водородные парогазовые комплексы с дополнительным производством синтетических топлив / П. М. Канило // Проблемы машиностроения. – 2009. – Т. 12, № 4. – С. 64–72.
 5. Канило П. М. Антропогенно-экологические составляющие глобального потепления климата / П. М. Канило // Проблемы машиностроения. – 2010. – Т. 13, №4. – С. 68–76.
 6. Канило П. М. Тепловая энергетика, ДВС и глобальное потепление климата / П. М. Канило // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – № 2. – С. 57–68.
 7. Канило П. М. Глобальное потепление климата. Антропогенно-экологическая реальность / П. М. Канило. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – 312 с.
 8. Канило П. М. Автотранспорт. Топливно-экологические проблемы и перспективы / П. М. Канило. – Харьков: ХНАДУ, 2013. – 272 с.
 9. Канило П. М. Минимизация канцерогенной опасности автомобилей / П. М. Канило // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2014. – Вып. 63. – С. 133–142.
 10. Канило П. М. Минимизация канцерогенной опасности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания / П. М. Канило // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – № 1. – С. 7–13.
- Problemy mashinostroeniya - Problems in Mechanical Engineering*, 12, 4, 64-72 [in Russian].
5. Kanilo, P. M. (2010). Antropogenno-ekologicheskie sostavlyayushchie global'nogo potepleniya klimata [Anthropogenous and ecological components of global warming]. *Problemy mashinostroeniya - Problems in Mechanical Engineering*, 13, 4, 68-76 [in Russian].
 6. Kanilo, P. M. (2015). Teplovaya energetika, DVS i globalnoe poteplenie klimata [Thermal power engineering, ICE and global climate warming]. *Dvigateli vnutrennego zgorania - Internal combustion engines*, 2, 57-68 [in Russian].
 7. Kanilo, P. M. (2015). Globalnoe poteplenie klimata. Antropohenno-ekologicheskaya realnost' [Global climate warming. Anthropogenic-ecological reality]. Kharkov: KhNAHU [in Russian].
 8. Kanilo, P. M. (2013). Avtotransport. Toplivno-ekologicheskie problemy i perspektivy [Automotive transport. Fuel and ecological problems and perspectives]. Kharkiv: KhNAHU [in Russian].
 9. Kanilo P. M. (2014). Minimizaciya kancerogennoj opasnosti avtomobilej [Vinimization of carcinogenic danger of automobiles] // *Vestnik HNADU - Bulletin of Kharkiv National Automotive and Highway University*, 63, 133-142 [in Russian].
 10. Kanilo, P. M. (2015). Minimizaciya kancerogennoj opasnosti otrabotavshih gazov dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Minimisation of cancerogenic danger of the exhaust gases of internal combustion engines]. *Dvigateli vnutrennego zgorania - Internal combustion engines*, 1, 7-13 [in Russian].

References

1. Kanilo, P. M. (2017). Teploenergetika. Toplivno-ekologicheskie problemy i perspektivy razvitiya [Thermal power engineering. Fuel and ecological issues, and development prospects]. *Problemy mashinostroeniya - Problems in Mechanical Engineering*, 20, 1, 69-87 [in Russian].
2. BP-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report. bp.com. Retrieved from: <http://www.bp.com/statisticalreview>.
3. Losev, K. S. (2009). Paradoxy borby s globalnym potepleniem [Paradoxes of controlling global warming]. *Vestnik RAN - Bulletin of the RAS*, 79, 1, 36-40 [in Russian].
4. Kanilo, P. M. (2009). Ugolno-vodorodnye parogazovye komplekсы s dopolnitelnym proizvodstvom sinteticheskikh topliv [Coal-and-hydrogen steam-and-gas complexes with additional production of synthetic fuels].

**Канило Павел Макарович, д.т.н., проф.,
кафедра экологии,
Харьковский национальный автомобильно-
дорожный университет,
61002, Украина, г. Харьков,
ул. Ярослава Мудрого, 25,
тел. +38 068-60-28-236,
pmk@ipmach.kharkov.ua**

**THERMAL POWER ENGINEERING. FUEL
AND ECOLOGY AND CLIMATIC ISSUES,
DEVELOPMENT PROSPECTS**

Kanilo P., KhNAHU

Abstract. Problem. The 21st century is challenging thermal power engineering as a fundamental

basis of the global economy, with the historically momentous task of its development with account of the following factors: limited reserves of conventionally exploited non-renewable natural energy carriers, principally, oil and natural gas; extending the consumption of renewable energy carriers with greater efficiency. **Goal.** The need to reduce substantially the technogenic (ecologically hazardous) impact on nature and humans. **Methodology.** The present fuel and ecological crisis of global thermal power, including global climate warming, is found to be a man-induced and ecological reality linked to the following factors: the explosive growth of the planet's population and its depredation of NATURE; the ever-increasing level of ineffective utilization of natural resources; the critically hazardous environmental pollution with supertoxic materials; and the degradation, deterioration and destruction of biosphere systems, including the global biota. The fallout of all this is a declining quality of the biota's functioning, including such functions as bio productivity, environment formation and climate stabilization. **Results.** This global crisis can be overcome by changing the vector of global economic development, including economising and greening of all areas of human activity, stabilizing the population size and restoring critical natural ecosystem regulators, and among them, the planet's climate.

Key words: thermal power engineering, energy carriers, toxic agents, greenhouse gases, environment, global warming.

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА. ПАЛИВНО-ЕКОЛОГО-КЛІМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Каніло П.М., ХНАДУ

Анотація. Живі організми сформували на Землі кисневий склад атмосфери і захисний озоновий екран, родючі ґрунти, ліси, корисні копалини, природний (біотичний) механізм стабілізації клімату (шляхом регулювання рівнів парникового ефекту й альбедо Землі), створили біосферу і розум, тобто підготували всі необхідні умови для існування і гармонійного розвитку ПРИРОДИ і ЛЮДИНИ. Еволюція ж людського суспільства, розвиток світової енергетики й економіки бага-

то в чому були досягнуті саме за рахунок неухильного розширення обсягів вилучення природних ресурсів, включаючи енергоресурси, при їх неефективному використанні й істотному забрудненні навколишнього середовища. У цьому разі найважливішими техногенними джерелами забруднення середовища життя токсикантами, включаючи і гранично небезпечні канцерогенно-мутагенні інгредієнти, є стаціонарна теплоенергетика і транспорт, особливо міський автотранспорт. Необхідна стабілізація світового енерговиробництва і великомасштабна модернізація традиційної теплоенергетичної галузі із впровадженням високоефективних ресурсо(енерго)зберігаючих технологій. Особливо важливим є суттєве розширення використання сонячної енергії, яка не додає теплового навантаження на планету, а також – супербезпечної атомно-водневої енергетики, а на міському транспорті – застосування електромобілів. За останні 50 років сумарне світове виробництво енергії досягло $\sim 20 \cdot 10^9$ ТДж, що в 3 рази перевищило сумарні рівні енерговиробництва за два попередніх століття. При цьому річні рівні споживання викопних енергоносіїв (вугілля, нафта, природний газ) збільшилися з 4,5 до ~ 12 млрд т н. е., тобто зросли майже в 3 рази. У 2017 році було вироблено енергії $\sim 0,7 \cdot 10^9$ ТДж/рік, що перевищило рівень річного енерговиробництва в 1970 році на $\sim 0,45 \cdot 10^9$ ТДж/рік, тобто \sim в 2,8 рази. Цей рівень додаткового виділення техногенної теплової енергії став одним зі складових глобального потепління клімату. Тому, у зв'язку з посиленням енерго-еколого-кліматичних проблем, необхідна зміна енергетичної основи життєдіяльності людства, включаючи стабілізацію енерговиробництва, великомасштабну модернізацію вугільної енергетики, розширення використання сонячної та супербезпечної атомно-водневої енергетики. Потрібні принципові зміни у стратегії природокористування, в першу чергу, відновлення механізмів природної регуляції середовища життя та її кліматостабілізуючих функцій.

Ключові слова: теплоенергетика, енергоносії, токсиканти, парникові гази, навколишнє середовище, глобальне потепління клімату.