

## ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.311

© Волошин В.С.\*

### К ВОПРОСУ О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*В статье приведен анализ состояния современной энергетики. Дана оценка существующей зависимости современной цивилизации от углеводородсодержащих ископаемых. Автором приведена бесперспективность углеводородсодержащих источников энергии. Установлена зависимость устойчивости и неравновесности в различных системах получения полезной энергии. Приведена динамика роста выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу за последние 35 лет и динамика мирового потребления природных энергоресурсов. Анализ технических систем, предназначенных для использования углеводородного топлива, показал тупиковость развития этой отрасли. Доказана необходимость радикального изменения энергетической парадигмы со стороны сообщества.*

**Ключевые слова:** углеводородсодержащие полезные ископаемые, энергия, термодинамика, окружающая среда, загрязнение, возобновляемые источники.

*Волошин В.С. До питання про стратегію розвитку сучасної енергетики. У статті наведено аналіз стану сучасної енергетики. Дана оцінка існуючої залежності сучасної цивілізації від вуглеводнемістних копалин. Автором наведено безперспективність вуглеводнемістних джерел енергії. Встановлено залежність стійкості і нерівноважності в різних системах отримання корисної енергії. Наведено динаміку зростання викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу за останні 35 років і динаміку світового споживання природних енергоресурсів. Аналіз технічних систем, призначених для використання вуглеводневого палива, показав безвихідність розвитку цієї галузі. Доведено необхідність радикальної зміни енергетичної парадигми з боку спільноти.*

**Ключові слова:** вуглеводнемістні копалини, енергія, термодинаміка, навколишнє середовище, забруднення, поновлювані джерела.

*V.S. Voloshin. On the question of strategy of the modern energy development. The article provides an analysis of the state of modern power engineering. The current dependence of the modern civilization on hydrocarbon resources has been presented. The author shows lack of prospects in using hydrocarbon energy sources. The dependence of the stable and non-equilibrium state in various systems of producing useful energy has been stated. The dynamics of growth of CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere over the past 35 years and the dynamics of the global consumption of natural energy resources has been shown. Analysis of the technical systems designed for the use of hydrocarbon fuels, exhibited lack of prospects for this branch of industry. The necessity of a radical change in the community as to the energy paradigm has been proved.*

**Keywords:** hydrocarbon resources, energy, thermodynamics, environment, pollution, renewable sources.

**Постановка проблемы.** «Ignismutatres» – огонь движет вещами. Это латинское изречение дало старт цивилизованному многовековому освоению человечеством углеводородных ископаемых и продуктов в качестве топлива. От дерева и угля до нефти и природных газов.

Современная наука и техника давно знакомы с так называемыми тупиковыми направлениями своего развития. Когда постепенные совершенствования не дают существенного результата, качественного изменения, позволяющего говорить о прогрессе, а, напротив, ведут к рег-

\* д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

рессу. Например, сегодня обсуждается тема – цифровой компьютер это развивающееся направление в эволюции или эволюционный тупик. Ответа пока нет. Тупиковые проекты отвлекают науку на ненужные результаты, одалживают средства, которые могли бы пойти на развитие других научных направлений, обнадеживают человечество и тормозят развитие альтернативных областей знаний и техники.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Природа создала огромное количество источников энергии, которые использует человек – органику, естественные углеводороды, водород, атомную энергию, солнечное излучение, тепло недр и атмосферы и др., в зависимости от того, какими технологиями переработки владеет человек. В историческом аспекте общество быстрее отреагировало на углеводородные материалы, как на реальный источник энергии, и на протяжении многих лет и веков разрабатывало, совершенствовало машины для переработки углеводородсодержащих ископаемых в полезную энергию. Для этого были основания. Вначале эмпирические, а затем и теоретические. Главным было то, что горение топлива, посредством увеличения объема нагреваемого тела, совершало работу. В XIX веке тепловая машина тем и покорила мир, что она из тепла производила действие. Последовавшие одна за другой работы и исследования в области сохранения энергии Майер (1842), Гельмгольц (1847), первоначальные исследования второго закона термодинамики, выполненные Лазарем и Садди Карно (1824), Клаузиусом (1850), Томсоном (1852), сделали тепловую машину чуть ли не единственным и незаменимым источником полезной энергии, создав, таким образом, своеобразный тупиковый барьер в науке XIX века, который благополучно перекочевал и в XX век.

Очевидной была односторонность такого подхода [1]. Даже по В. Томсону, в тепловой машине тепло превращается в движение только ценой определенных потерь и бесполезной диссипации. Качественной сопоставительной оценки потерь и работы для тепловых машин не существовало. Но других подобных машин в то время не было. Сопоставлять было не с чем [2, 3]. Несмотря на то, что уже в XX веке стало ясно, что такой вид энергии связан с огромной нагрузкой на окружающую природную среду, это не стало тормозом для общества. Кроме того, появились другие источники, производящие работу, – электричество, гидравлика и пневматика, термоэлектрические, пьезо-, фото- и виброэффекты и др. Даже несмотря на то, что в XX веке И. Пригожин, реализовав знаменитое уравнение  $dS = d_e S + d_i S$ , смело разделил энтропию на приращиваемую ее обратимую часть  $d_e S$  и на равноправную производимую, но необратимую часть  $d_i S$ , поставив тем самым последнюю ответственной за энергоэффективность. Из этого не были сделаны разумные выводы о крайней неэффективности использования тепловых машин для производства энергии, движения, работы [4]. Мы на протяжении огромного периода времени упрямо держимся именно за малоэффективные тепловые машины, приводя к ней почти все другие источники энергии, – атомные электростанции (АЭС), тепловые электростанции (ТЭС), двигатели внутреннего сгорания (ДВС) и др. Определяющим при этом является то, что большинство из них работает на углеводородном топливе, дав, таким образом, глобальный толчок энергетически неоправданному истощению огромного и неопцененого сырьевого ресурса на планете. Ресурса невозстановимого для будущих поколений.

По известным данным, разведанных запасов нефти осталось на 35-50 лет, природного газа – на 150-200 лет, каменного угля – не более, чем 400 лет при существующих темпах добычи, а с уходом нефтегазовой энергетики – не более, чем на 250 лет. Тем не менее, неверным будет списывать нефте- газодобычу. Существует обоснованное мнение, что разведана далеко не большая часть мировых запасов углеводородов. Примеры – не разведаны запасы газа полуострова Ямал и Обской губы, Аляски, нефти Якутии, Северной и Центральной Сибири, горных районов Азиатского континента, акватории и шельфов Северного Ледовитого океана и др. Не сказала своего слова территория Антарктиды. Две трети поверхности Земли, территория мирового океана, его шельфовые зоны хранят еще много нефтегазовых ресурсов.

На сегодня затраты энергии на добычу единицы нефти в соотношении с ее продуктивностью, как топлива, составляют 1:5, т. е. 20% нефти в виде энергии тратится на ее добычу. Уже через 20 лет эта цифра предположительно будет составлять 1:1. А если потребуются добывать «недоступную» нефть, затраты возрастут на порядок. Смысл добычи нефти потеряется, если не будет других источников энергии. Следует быть уверенным, что мы станем свидетелями того, что последующая добыча углеводородсодержащих продуктов, энергетически затратная, будет осуществляться только ради сырья для производство уникальных материалов, но не ради энергии.

Цена вопроса – в доступности ресурса и затратах на добычу и транспортировку. И здесь углеводороды будут вынуждены конкурировать с другими известными и неизвестными источниками энергии, в частности, водородом, ураном, дейтерием, солнечной энергией и др.

Вторым критерием в этой гонке следует считать энтропию процесса высвобождения качественной энергии из исходных сырьевых материалов. Чем она меньше, тем дешевле топливо, тем оно рентабельнее для переработки, тем оно эффективнее соотносится с проблемами окружающей среды, уменьшая теплопотери и выбросы газов. Необратимость рассеяния тепловой энергии, как показатель энтропийных процессов, должен бы стать основным критерием, по которому следовало судить о том, стоит ли так безоглядно ориентироваться на тепловую энергию. Но не стал.

Само по себе углеродсодержащее топливо усилиями человека может быть преобразовано самыми различными способами и, главным образом, в необратимую тепловую энергию, в энергию сжатия газов, которые потом могут крутить колеса автомобилей, турбины, электрогенераторы и т. д., в том числе, для получения более качественной электрической энергии.

Таким образом, два главных недостатка существующих способов получения энергии: 1 – высокая необратимая энтропия процессов преобразования энергии; 2 – загрязнение окружающей среды продуктами горения углеводородов.

**Цель статьи** – сравнительный анализ существующих и возможных источников энергии с точки зрения эффективности и влияния на окружающую среду.

**Изложение основного материала.** Сжигание углеводородов является термодинамически неоправданным процессом почти во всех его проявлениях. Потому что, в любом случае, сконцентрированная энергия сырья превращается в энергию посредством наиболее неэффективных методов: горением, нагревом пара или другого теплоносителя. Энтропия процесса при этом, как правило, очень высока. Большая часть энергии рассеивается и загрязняет окружающую среду.

Любая система получения полезной энергии в определенный период своей работы приходит в состояние сильного неравновесия, потому что только этот режим позволяет такой системе избавиться от роста энтропии (минимизировать ее) и быть направленной на противоположные ей, репаративные процессы получения собственно полезного продукта [2, 4]. При общей неопределенности и огромном количестве тепловых и других процессов, позволяющих получать полезную энергию, сформируем для них область феноменологических кривых Л. Онсагера по методике [5] (рис. 1) от состояния  $X_1 = X_2 = X_3 = 0$  (минимум диссипации, кривая 1) до  $X_1 \neq X_2 \neq X_3 \neq 0$  (максимальная энтропия процесса, кривая 2). И потребуем собственных соотношений репаративных и диссипативных процессов для различных способов получения полезной энергии, в том числе, при помощи чисто механических усилий (законы Ньютона, Архимеда, кривая 3), тепломеханических преобразовательных процессов (в основе лежит закон Фурье, кривая 4), фотоэлектрического синтеза (закон Столетова, кривая 5) и управляемого термоядерного синтеза (кривая 6).

Учитывая, что феноменологические кривые Л. Онсагера призваны описывать слабонервновесные линейные системы (расположенные вблизи области равновесия) в так называемых «соотношениях взаимности», а получение полезной энергии, по И. Пригожину, должно относиться к сильно неравновесным процессам [6], по нашему мнению, внимания должны заслуживать только участки асимптотических сближений I, II и III (см. рис. 1), далекие от аттракций. То есть там, где можно считать процессы получения энергии относительно устойчивыми. Известно, что устойчивость термодинамической системы для получения энергии отражается пересечением энергетических кривых  $P(\lambda)$  (3÷6) с одной из феноменологических кривых  $\{\delta[S](\lambda)\}$  Л. Онсагера [5]. Показанные экстремумы (максимумы термодинамических потенциалов) задаются состояниями-аттракторами, к которым самопроизвольно стремится энергопроизводящая термодинамическая система, если при этом выполнены граничные условия в области слабой неравновесности.

Расчетные данные показывают, что термодинамическая эффективность всех совокупных тепловых процессов получения энергии, связанных, в первую очередь, с сжиганием углеводородов, в интегральном показателе не может превышать отметку  $\lambda = 0,5$  даже в неустойчивом режиме. Устойчивый режим делает эту отметку еще меньше (см. рис. 1, кривая 4, слева). И, напротив, термодинамическая эффективность термоядерного синтеза, фотоэлектрического синте-

за происходит практически при  $\lambda > 0,5$  и в отдельных случаях даже при  $\lambda > 0,9$  (см. рис. 1, кривые 5 и 6, справа). Эти процессы осуществляются с минимальной диссипацией расходуемой энергии или с минимальным для таких систем приростом энтропии  $d_e S$ . Такой подход позволяет оценить возможные варианты эффективного получения энергии с позиций ее потерь.

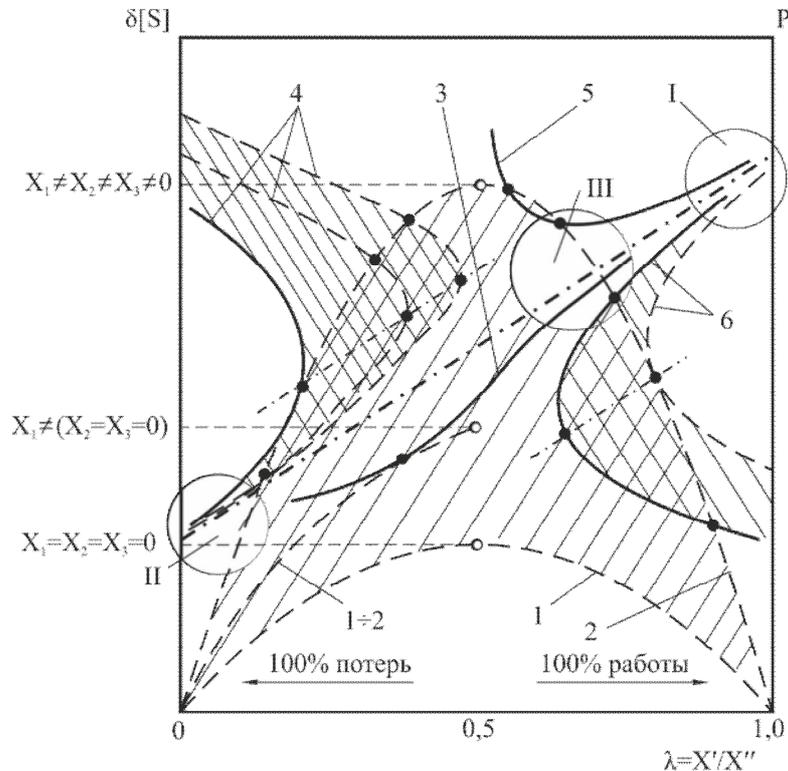


Рис. 1 – Отображение устойчивости и неравновесности в различных системах получения полезной энергии (обозначения по тексту)

Со второй из указанных выше проблем связано состояние среды обитания субъекта энергопользования, а именно человека, в том числе, влияние на климатические условия на планете, истощение природных ресурсов, в частности, углеводородов, которые при других условиях могли бы стать огромным источником материальных богатств, и др. Современная энергетика твердо занимает первую позицию по загрязнению окружающей среды отходами газов. А если к этому приплюсовать современный транспорт, в основе которого также в большей степени лежит сжигание углеводородного топлива и связанные с ним тепловые процессы, то можно говорить о прямой и крайне высокой корреляции количества высвобождаемой из углеводородсодержащих материалов энергии и загрязнения окружающей среды. Динамика роста  $CO_2$ , наиболее типичного загрязнителя атмосферы, связанного с горением углеводородного топлива, достаточно красноречива и прогнозы до 2030 года крайне неутешительны (рис. 2).

Только этот фактор должен бы подвинуть общество к отказу от применения подобных источников энергии и интенсивному поиску альтернативы. Не говоря о том, что используя нефть, газ, мы неэффективно и по-варварски сжигаем потенциальные высокоценные материалы, в частности, пластмассы, синтетику, лаки, краску и др., которые другими способами не получить (словами У. Черчилля, «отапливаем банкнотами»).

Таким образом, формируется высокая совокупная цена за современные углеводородные способы производства потребляемой энергии, что уже сегодня делает эту отрасль хозяйствования фактором *тупикового развития* для человечества.

Современное общество уже не может обойтись без эффективных источников искусственной энергии. Мы давно уже перешли ту черту, когда свои потребности могли удовлетворять только за счет чисто биологической силы: собственной или домашних животных. Ежегодно мировое сообщество потребляет до  $5 \cdot 10^{20}$  Дж энергии [7]. Из них 94% – это энергия, так или

иначе, извлеченная из углеводородных источников, которые добываются путем разработки подземных накоплений и расходуются на относительно невысокоэффективных энергетических установках. Причем динамика потребления ежегодно растет на 5-7% (рис. 3).

Виды энергии потребления (рис. 4), так или иначе, связаны с потреблением углеводородов. Альтернативные источники – атомная энергетика, возобновляемые источники, гидроэнергетика все равно связаны с потреблением углеводородов. Так в расходах при строительстве гидроэлектростанций размещено не менее 25% затрат на углеводородные источники энергии. Создание современных атомных электростанций, а тем более их эксплуатация, не обходится без углеводородных источников энергии в самом различном исполнении. Можно с уверенностью говорить о том, что миром сегодня правит углеводород.

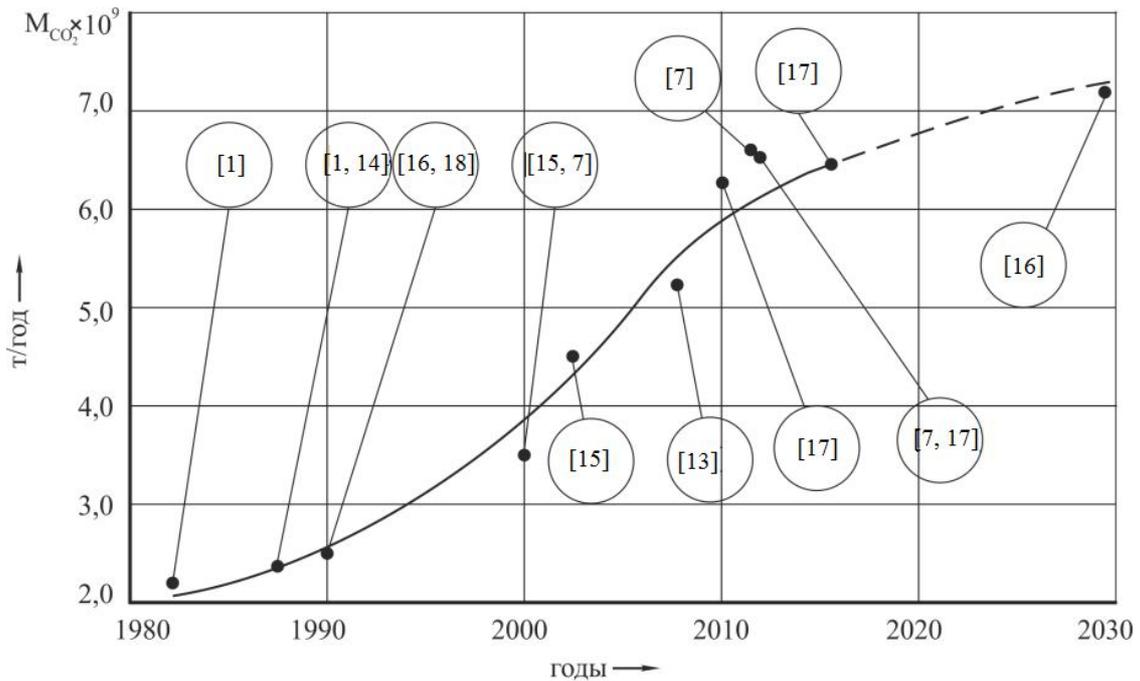


Рис. 2 – Динамика роста выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу за последние 35 лет (по данным международных источников, см. перечень литературы на графике)

Нельзя забывать и о том, что наиболее влиятельный мировой капитал крайне тесно связан с углеводородным бизнесом и находится в руках ограниченного количества семей, подобных Ротшильдам и Рокфеллерам, роль которых в современной политике неизмеримо высока.

Огромное количество машин и механизмов, технологических процессов, оборудования и материалов созданы на основе применения углеводородов. В основе абсолютного большинства из них лежат тепловые процессы. ДВС, дизельные и газовые двигатели автомобилей, турбины самых различных видов, реактивные двигатели самолетов, технологии получения чугуна и стали, проката и аммиака, пластических масс и многочисленных синтетических веществ, резиновых изделий требует огромного количества углеводородсодержащих материалов. Из каждых 100 патентов, которые появляются в мире, 13 принадлежат устройствам и способам сжигания или переработки углеводородсодержащих топлив и веществ.

Первые ДВС, победно шагающие и ныне по планете, появились примерно 100 лет назад. Топливом был газ. Позднее - жидкое топливо. Пока в мире не существует более распространенной системы превращения химической энергии углеводородного топлива в полезную механическую энергию, чем ДВС. Исторически постепенно создавались поршневые двигатели, где топливо и воздух вводятся в объем цилиндра и поступательно толкают поршень. Появились газовые турбины, в которых сжигание топлива производилось в специальных камерах сгорания. Следующая трансформация ДВС связана с появлением прямоточных реактивных двигателей, в которых используется мощность напорного встречного потока воздуха, перемешивающегося с топливом. Резюмируем, что все эти конструкции и их модернизации были направлены

на повышение эффективности использования углеводородного топлива. Но не более.

Появившиеся электромобили призваны сократить количество выбросов в окружающую среду, прежде всего городов. Энергетическая эффективность электрических двигателей достаточно высока, 90-95% преобразования подводимой электроэнергии в полезную работу. Тем не менее, в системе «электромобиль-электроэнергия» наравне с экологически чистым автомобилем существует еще одна подсистема – теплоэлектростанция, которая вырабатывает эту электроэнергию. Мы получаем произведение КПД теплоэлектростанций и КПД, собственно, электрического двигателя. А это уже цифры порядка  $(0,40 \div 0,55) \cdot (0,9 \div 0,95) = 0,36 \div 0,52$ . Да и по выбросам в окружающую среду теплоэлектростанции, как подсистемы рассматриваемой системы, занимают лидирующие позиции в мире. В лучшем случае это далеко от идеала.

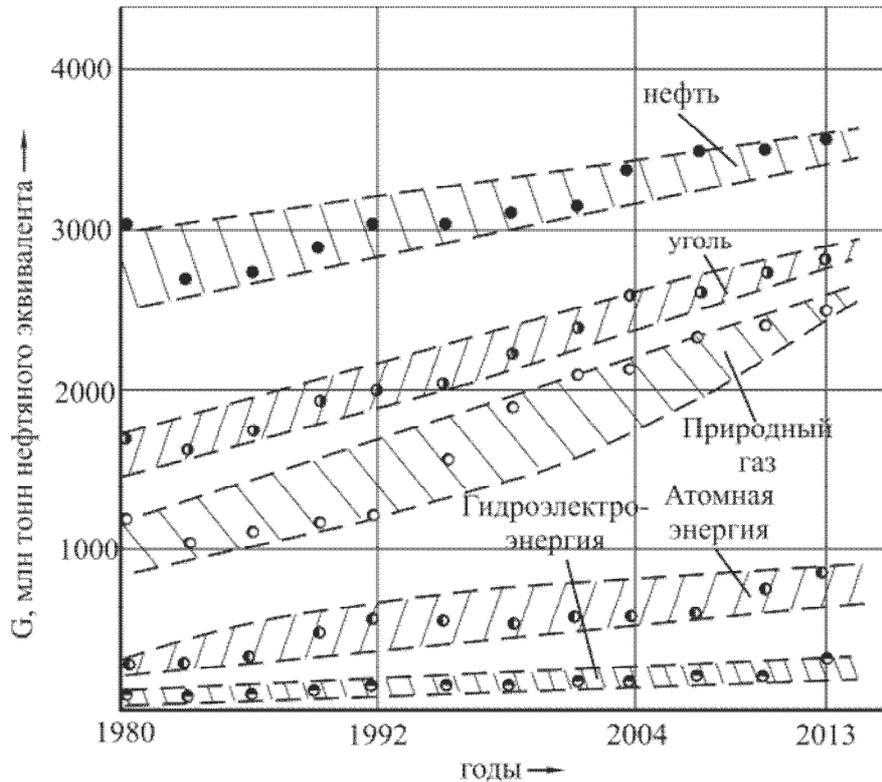


Рис. 3 – Динамика мирового потребления природных энергоресурсов (по данным источника [8])

Иными словами, в подобной системе интегральное загрязнение природы просто перераспределяется между подсистемами, что является одним из признаков *тупикового развития* таких систем.

С некоторым уточнением автор утверждает, что глобальное производство энергии из углеводородного топлива путем активизации тепловой энергии или энергии нагретого пара является стратегической научно-технической ошибкой на современном уровне развития науки. То, что признавалось как прогресс в прошлом веке, в нынешнем веке должно рассматриваться как *тупик*, из которого необходим выход. Инженерный, технологический. Потому что научный выход из такого тупика давно существует, в виде разработок других источников энергии, кроме углеводородных.

Еще в конце прошлого века мы искали замену природному газу, пытались использовать для этих целей, например, уголь. Это методы искусственной газификации угля нагревом до  $1300^{\circ}\text{C}$  без доступа воздуха, применение в доменном производстве вместо природного газа альтернативной пылеугольной смеси, технологии впрыска в ДВС водотопливных эмульсий и др. Однако, как следует из данных рис. 4, этот подход не дает нужного результата даже в ближайшей перспективе. Тем более что такие технологии по-прежнему связаны с загрязнениями окружающей природной среды.

Современной наукой создано множество так называемых неуглеводородных источников энергии. Их провозвестником была атомная энергетика, начало которой было положено в 1954 году строительством Обнинской АЭС в СССР. С тех пор атомная энергетика приобрела промышленное значение. В 31 государстве мира насчитывается более 190 работающих АЭС, общей мощностью 391 МВт. Огромные надежды физики возлагали на управляемый термоядерный синтез, прототипом которой стали первые Токамаки.



Рис. 4 – Технические системы, предназначенные для использования углеводородного топлива

С 2011 года существуют разработки в области так называемого низкоэнергетического ядерного синтеза (эффект E-cat или генераторы Росси). Технология LENR основана на эффекте резонансного слияния нанопорошкового никеля с атомами водородом и последующим образованием атомной меди и железа. В результате экзотермической ядерной реакции в присутствии некоторого катализатора высвобождается около 10 мегаэлектронвольт энергии, что в  $10^7$  раз больше, чем при сжигании водорода в термоядерном реакторе (1,5 ЭВ). Расчеты и экспериментальные демонстрации (например, на конференции в Лугано, 2014 г.) показывают, что масса топлива 1 г позволила за 32 суток произвести 1600 кВт·ч тепловой энергии при непрерывно генерируемой мощности в 3 кВт. Источником является никель. Декларируемая стоимость 1 кВт энергии – 1 цент [9].

Существует целое научное направление, которое называется водородной энергетикой. В ее основе использование наиболее распространенного элемента на Земле водорода в качестве средства для производства, аккумуляции и потребления энергии. Водород обладает одной из самых высоких теплот сгорания, и продуктом его сгорания является вода. Он безопасен для окружающей среды, нетоксичен для человека, крайне энергоемкий. Все это делает водород перспективным заменителем углеводородных источников энергии. Тем более что существующие научные исследования предлагают человечеству огромный ресурс подземного водорода [10-12]. Природа постаралась для человека, естественным путем отделив крайне высокоэнергетический водород из состава подземной воды, и упаковав его в так называемые металлогидридные конгломераты. При этом человеку осталось только извлечь этот свободный водород из зон рифтогенеза на поверхности планеты и включить его в состав собственных энергоресурсных продуктов. Причем такого топлива, не загрязняющего окружающую среду, человечеству хватит на сотни миллионов лет.

Нет надобности повторять об альтернативных источниках энергии, которые находят все большее применение. Человечеству есть из чего выбирать, чтобы составить рациональную ре-

паративную альтернативу углеводородному топливу. Цена вопроса – перспективы будущих поколений. Или они будут, или их нет.

### Выводы

Несмотря на существующие запасы углеводородного топлива, включая неразведанные их ресурсы, два критерия, а именно, влияние на окружающую природную среду и нерациональность получения полезной энергии из углеводородного топлива, как стратегического сырья, требуют от сообщества радикального изменения энергетической парадигмы, которая должна быть направлена на: рационализацию освоения оставшегося в распоряжении человечества органического содержания в недрах Земли, включая интересы будущих поколений; активное освоение других известных источников энергии, включая те из них, применение которых прогнозируется современной наукой, даже в ущерб мировому потреблению традиционных энергетических ресурсов; увеличение озабоченности состоянием окружающей природной среды как с позиций ее загрязнения, так и с позиций ее обеднения, теми ресурсами, которые естественным путем накоплены в недрах и, в равной степени, принадлежат и сегодня живущим, и их потомкам.

### Список использованных источников:

1. Нихаус Ф. Влияние производства энергии на концентрацию в атмосфере газов, обуславливающих парниковый эффект / Ф. Нихаус, Э. Янсита [Электронный ресурс] // Бюллетень МАГАТЭ. – Вена : 1989. – № 2. – С. 12-22. – ([https://www.iaea.org/sites/default/files/31204091220\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/31204091220_ru.pdf)).
2. Elkana Y. The discovery of the conservation of energy, with a foreword by I. Bernard Cohen / Y. Elkana. – London : Hutchinson Educational, 1974. – 213 p.
3. Elkana Y. Helmholtz's «Kraft» : an illustration of concepts in flux / Y. Elkana. – Pennsylvania: 1970. – 36 p.
4. Prigogine I. Etude thermodynamique des phenomenes irreversibles : Phd dissertation / I. Prigogine. – Paris : Dunon, 1947. – 143 p.
5. Волошин В.С. Природа отходообразования / В.С. Волошин. – Мариуполь : Рената, 2007. – 666 с.
6. Prigogine I. The second law as a selection principle: the microscopic theory of dissipative processes in quantum systems / I. Prigogine, C. George // Proceeding of the National Academy of Science USA. – 1983. – Vol. 80. – Pp. 4590-4594.
7. Мировое потребление энергии [Электронный ресурс]. – ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировое\\_потребление\\_энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировое_потребление_энергии)).
8. Центр анализа информации о двуокиси углерода. Отчеты за 1990-2012 гг. [Электронный ресурс] // Окридзская национальная лаборатория. – США. – (<http://new.atomic-energy.ru/organizations/okridzhskaya-natsionalnaya-laboratoriya>).
9. Лемыш А. Нефть получила тепловой удар / А. Лемыш [Электронный ресурс] // Литературно-художественный портал «Изба-читальня». – 2015. – С. 8. – (<http://www.chitalnya.ru/work/1406582>).
10. Larin V.N. Hydridic Earth : the New Geology of Our Primordially Hydrogen-Rich Planet / V.N. Larin. – Calgary : PolarPublishing, 1993. – 273 p.
11. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли) / В.Н. Ларин. – М. : Агар, 2005. – 248 с.
12. Белов С.Н. Чистое топливо будущего / С.Н. Белов // Российские недра. – М. : Национальная геология, 2006. – № 18 (31). – С. 3.
13. Загрязнение атмосферы [Электронный ресурс]. – ([http://www.globaltrouble.ru/ekologiya\\_atmosfery\\_gidrosfery\\_pedosfery/zagryaznenie\\_atmosfery.html](http://www.globaltrouble.ru/ekologiya_atmosfery_gidrosfery_pedosfery/zagryaznenie_atmosfery.html)).
14. Экологические последствия загрязнения атмосферы [Электронный ресурс]. – (<http://xreferat.com/112/1338-1-ekologicheskie-posledstviya-zagryazneniya-atmosfery.html>).
15. Глобальные последствия загрязнения окружающей среды [Электронный ресурс]. – ([http://studbooks.net/2987/ekologiya/globalnye\\_posledstviya\\_zagryazneniya\\_okruzhayushey\\_sredy](http://studbooks.net/2987/ekologiya/globalnye_posledstviya_zagryazneniya_okruzhayushey_sredy)).
16. Атом в промышленности. Радиационные технологии на благо развития [Электронный ресурс] // Бюллетень МАГАТЭ. – Вена : 2015. – 32 с. – ([https://www.iaea.org/sites/default/files/bull563\\_sept2015\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/bull563_sept2015_ru.pdf)).

17. Вопросы энергетики и обсуждение проблемы глобального потепления [Электронный ре- сурс] // Бюллетень МАГАТЭ. – Вена : 2000. – 50 с. – ([https://www.iaea.org/sites/default/files/vol42\\_no4\\_russian\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/vol42_no4_russian_ru.pdf)).

**References:**

1. Nikhaus F. Vliianie proizvodstva energii na kontsentratsiiu v atmosfere gazov, obuslavlivaiush- chikh parnikovyi effekt [The impact of energy production on the concentration of gases in the at- mosphere, causing the greenhouse effect]. *Biulleten' MAGATE – International Atomic Energy Agency Bulletin*, 1989, no.2. Available at: [https://www.iaea.org/sites/default/files/31204091220\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/31204091220_ru.pdf) (accessed 15 July 2016). (Rus.)
2. Elkana Y. The discovery of the conservation of energy, with a foreword by I. Bernard Cohen. London, Hutchinson Educational Publ., 1974. 213 p.
3. Elkana Y. Helmholtz's «Kraft»: an illustration of concepts in flux. Pennsylvania, 1970. 36 p.
4. Prigogine I. Etude thermodynamique des phenomenes irreversible. Cand. tech. sci. diss. Paris, 1947. 143 p.
5. Voloshin V.S. *Priroda otkhodoobrazovaniia* [Nature of wastes]. Mariupol, Renata Publ., 2007. 666 p. (Rus.)
6. Prigogine I. The second law as a selection principle: the microscopic theory of dissipative proc- esses in quantum systems. *Proceeding of the National Academy of Science USA*, 1983, no.80, pp. 4590-4594.
7. *Mirovoe potreblenie energii* [World energy consumption] Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировое\\_потребление\\_энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировое_потребление_энергии) (accessed 15 June 2016).
8. *Tsentralna analiza informatsii o dvoukisi ugleroda. Otchet za 1990-2012 gg.* [Center of analysis of information about carbon dioxide. Reports for the 1990-2012] Available at: <http://new.atomic-energy.ru/organizations/okridzhskaya-natsionalnaya-laboratoriya> (accessed 10 June 2016).
9. Lemysh A. Neft' poluchila teplovoi udar [Oil got heat stroke]. *Literaturno-khudozhestvennyi por- tal «Izba-chital'nia» – Literary and art portal «Reading-room»*, 2015, p. 8. Available at: <http://www.chitalnya.ru/work/1406582> (accessed 15 June 2016).
10. Larin V.N. Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-Rich Planet. Calgary, PolarPublishing Publ., 1993. 273 p.
11. Larin V.N. *Nasha Zemlia (proiskhozhdenie, sostav, stroenie i razvitie iznachal'no gidridnoi Zemli)* [Our Earth (origin, composition, structure and development of original hydride Earth)]. Moscow, Agar Publ., 2005. 248 p. (Rus.)
12. Belov S.N. Chistoe toplivo budushchego [Net fuel of the future]. *Rossiiskie nedra – Russian sub- soil*, 2006, no. 18 (31), p. 3. (Rus.)
13. *Zagriaznenie atmosfery* [Air pollution] Available at: [http://www.globaltrouble.ru/ekologiya\\_atmosfery\\_gidrosfery\\_pedosfery/zagriaznenie\\_atmosfery.html](http://www.globaltrouble.ru/ekologiya_atmosfery_gidrosfery_pedosfery/zagriaznenie_atmosfery.html) (accessed 25 May 2016).
14. *Ekologicheskie posledstviia zagriazneniia atmosfery* [Environmental effects of air pollution] Available at: <http://xreferat.com/112/1338-1-ekologicheskie-posledstviya-zagriazneniya-atmosfery.html> (accessed 06 March 2016).
15. *Global'nye posledstviia zagriazneniia okruzhaiushchei sredy* [Global consequences of environ- mental pollution]. Available at: [http://studbooks.net/2987/ekologiya/globalnye\\_posledstviya\\_zagriazneniya\\_okruzhayuschei\\_sredy](http://studbooks.net/2987/ekologiya/globalnye_posledstviya_zagriazneniya_okruzhayuschei_sredy) (accessed 26 March 2016).
16. Atom v promyshlennosti. Radiatsionnye tekhnologii na blago razvitiia [Atom in the industry. Ra- diation Technology for Development]. *Biulleten' MAGATE – International Atomic Energy Agency Bulletin*, 2015, 32 p. Available at: [https://www.iaea.org/sites/default/files/bull563\\_sept2015\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/bull563_sept2015_ru.pdf) (accessed 03 March 2016).
17. Voprosy energetiki i obsuzhdenie problemy global'nogo potepleniia [Energy issues and the discus- sion of the problem of global warming]. *Biulleten' MAGATE – International Atomic Energy Agency Bulletin*, 2000, 50 p. Available at: [https://www.iaea.org/sites/default/files/vol42\\_no4\\_russian\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/vol42_no4_russian_ru.pdf) (accessed 03 March 2016).

Рецензент: В.А. Маслов  
д-р техн. наук, проф., ГБУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 05.10.2016