

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Наводиться аналіз проблем, що виникають при використанні поновлюваних джерел енергії. Визначаються завдання і підходи до можливих напрямів вирішення проблеми енергетичної кризи. Формулюються рекомендації про необхідність коригування та екологізації всіх напрямків енергокористування – від теорій і наукових розробок до практичного рівня, а також розвиток матеріальної, експериментальної та інформаційної баз з метою дослідження екологічних ризиків.

Ключові слова: екологія, поновлювані джерела енергії, вуглеводні, екологічна загроза.

Приводится анализ проблем, возникающих при использовании возобновляемых источников энергии. Определяются задачи и подходы к возможным направлениям решения проблемы энергетического кризиса. Формулируются рекомендации о необходимости корректировки и экологизации всех направлений энергопользования – от теорий и научных разработок до практического уровня, а также развитие материальной, экспериментальной и информационной баз с целью исследования экологических рисков.

Ключевые слова: экология, возобновляемые источники энергии, углеводороды, экологическая угроза.

We present an analysis of problems arising from the use of renewable energy. Determined by the objectives and approaches to the possible directions to address the energy crisis. Makes recommendations on the need to adjust and greening all areas of energy use – from the theories and scientific research to a practical level, as well as the development of material, experimental and data bases to investigate the environmental risks.

Key words: ecology, renewable energy, hydrocarbons, environmental threat.

Введение. Отношения между человеком и окружающей средой объективно – одна из глобальных проблем современности. Она приобрела качественно новый характер и уже не ограничивается отдельными государствами, а распространяется на всю планету.

За время жизни одного последнего поколения численность населения выросла в два с лишним раза. Соответственно, в геометрической прогрессии выросли и энергопотребление, и загрязнение окружающей среды различными отходами.

За период, равный всего 0,0002 от существования человечества, биосфера из устойчивого состояния перешла в неустойчивое – экстенсивное использование природных ресурсов вошло в противоречие с возможностями планеты [1].

Постановка проблемы. Энергия – основа цивилизации, она определяет состояние мировой экономики и признана основным фактором, влияющим на глобальные изменения окружающей среды, по масштабам воздействия на климат планеты превосходящим все остальные антропогенные влияния и сравнимым с мощными природными силами [2].

По усредненным данным потребление коммерческих энергоресурсов в XX веке увеличилось в 15 раз и достигло 15 млрд тонн условного топлива (т у. т.) в год.

Доля источников энергии в общемировом производстве энергии составляет: нефти – 40 %, угля – 27 %, газа – 23 %, атомной энергии – 7 %, возобновляемых ресурсов – гидроэнергии, солнечной и ветровой – 3 % [2-6].

Согласно прогнозу энергетической администрации США, объем потребления первичных энергоресурсов во всем мире к 2025 году достигнет 22 млрд т у. т. при среднегодовых темпах прироста 1,9 % (в том числе в Китае – 3,5 %, Индии – 3,2 % [7].

Однако даже при современном уровне потребления открытых запасов нефти хватит на 40 лет, газа – на 56 лет, угля – на 197 лет [7]. Можно предположить, что дефицит энергопотребления, прогнозируемый выше, сможет закрыть неразведанные запасы углеводородов. И все же проблема неизбежного сокращения добычи нефти и газа в ближайшие десятилетия встает со всей грозной очевидностью.

Отсюда с большой степенью вероятности можно предположить заметное увеличение сжигания угля, что, при современных технологиях сжигания, будет наносить существенный ущерб окружающей среде. Так, по оценке экспертов Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука, количество ежегодных выбросов в атмосферу радиоактивных материалов от ТЭС на угле электрической мощности

1000 МВт составляет порядка $5,0 \cdot 10^{10}$ Бк/год. Плюс – выбросы мышьяка, бария, хлора, урана.

Все больший интерес начинает проявляться к «нетрадиционным» видам углеводородного топлива, таким как асфальтовые пески, гидраты углеводородных газов. Газогидратные залежи могут содержать до 10 трлн тонн углерода, то есть в два раза больше, чем вместе взятые мировые запасы нефти, угля и природного газа [3]. Современные технологии извлечения газа из гидратов сопряжены с проблемами выброса больших объемов метана в атмосферу [5], но работа по совершенствованию добычи идет высокими темпами.

Безусловно, несмотря на аварию Чернобыля, Фукусимы, человечество не отстранится от атомной энергетики, доля выработки электричества на АЭС будет возрастать (Франция – 80 %, Украина – 50 %). Согласно данным Всемирной ядерной ассоциации, гигаватт мощности, произведенной на угольных электростанциях, в среднем (по всей производственной цепочке) обходится в 342 человеческие жертвы, на газовых – в 85, на гидроэлектростанциях – в 885, тогда как на атомных – всего в 8 [8].

Из приведенного обзора можно сделать некоторые заключения, и главные из них:

- человечество не предполагает сокращения потребления энергии;
- традиционные запасы первичных источников энергии скорее всего будут исчерпаны в XXI веке;
- нетрадиционные источники углеводородов могут продлить эру «сжигания ассигнаций» («Нефть – не топливо, топить можно и ассигнациями») Д. Менделеев), если удастся разработать эффективные и безопасные технологии добычи;
- без атомной энергетики человечество не имеет возможности дальнейшего развития в обозримом будущем.

Тем не менее, взоры ученых, политиков и бизнеса все более устремляются к принципиально новым видам энергии – возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). По прогнозам экспертов, к 2030 году ветровая, солнечная и гидроэнергетика будут обеспечивать, соответственно, 15 %, 10 % и 9 % всего мирового энергопотребления [9].

Целью настоящей работы является анализ проблем, возникающих при использовании возобновляемых источников энергии.

Разрешение проблемы. Актуальность и важность скорейшего перехода к ВИЭ рассматривают с нескольких позиций: *глобально-экономической* – использование традиционных энергодобывающих технологий ведет к катастрофическому изменению климата; переход на альтернативные технологии в энергетике позволит сохранить углеводороды для переработки в химической и других отраслях промышленности; цены на альтернативную энергию снижаются, на традиционную – постоянно растут; *социальной* – трудно находить районы строительства АЭС, ГРЭС, где производство энергии было бы рентабельно и безопасно для окружающей среды; в связи с увеличением плотности населения растет вероятность заболеваний, связанных с воздействием загрязнения окружающей среды; *политической* – та страна, которая раньше других в

полной мере освоит альтернативную энергетику, способна претендовать на мировое первенство и фактически диктовать цены на топливные ресурсы; *эволюционно-исторической* – в связи с ограничением топливных ресурсов на Земле и экспоненциальным нарастанием катастрофических изменений в атмосфере и биосфере планеты, традиционная энергетика представляется тупиковой. Для эволюционного развития общества необходимо ускорить переход на альтернативные источники энергии.

Изменение топливно-энергетического баланса в сторону увеличения доли возобновляемых источников энергии актуально и для Украины. Поэтому рассмотрение этой проблемы под различными углами зрения представляет как теоретический, так и практический интерес.

Общее состояние возобновляемой энергетики, в сравнении с традиционными источниками, может иллюстрировать диаграмма удельной стоимости производства электроэнергии (см. рис. 1).

Анализ диаграммы позволяет прийти к некоторым заключениям. На настоящий момент стоимость производства электроэнергии практически всех возобновляемых источников энергии превышает стоимость электроэнергии, вырабатываемой по традиционным технологиям. Конкуренцию составляют лишь ветровые и геотермальные технологии. По-видимому, это можно объяснить тем, что геотермальной и ветровой энергетикой ученые начали заниматься раньше, чем другими видами ВИЭ, а практики добились ощутимых результатов. Например, в Дании доля ВИЭ в производстве электроэнергии, в основном за счет ветра, в 2009 году составила 19,3 % [11].

По всем видам ВИЭ наблюдается значительный разброс оценок стоимости производства электроэнергии. Это, очевидно, связано с тем, что приведенные сведения относятся в основном к экспериментальным проектам.

Заслуживают внимания биотехнологии, которые за короткий промежуток времени значительно снизили стоимость производства электроэнергии.

В данной работе авторы делают попытку дифференцировать проблемы использования ВИЭ по четырем аспектам: инженерному, экономическому, экологическому и нравственному. Разделение условно, поэтому отдельные моменты могут флуктуировать.

В приведенной ниже таблице указаны проблемы, существующие в настоящее время и прогнозные, на основе обработки значительного числа литературных источников, претендующих на объективность.

Анализ проблем позволяет констатировать следующее:

- Большинство технологий использования ВИЭ находятся в зачаточном состоянии, на этапе экспериментирования;

- Значимые практические результаты получены в использовании энергии ветра, в некоторой степени лучистости Солнца и в биотехнологиях. Следует особо заметить, что по этим направлениям заметны успехи в решении проблем по всем четырем категориям.

- Всем ВИЭ, получившим значительное развитие, присущ стохастический характер, что значительно

усложняет технологии получения и использования энергии, удорожает ее стоимость.

– Многие ВИЭ, несмотря на «экологическую» направленность, эксплуатируют естественную природу – вырубку лесов, использование пахотных земель под выращивание технических культур, затопление под гидросооружения и т. п.

– Все идеи – экологически «чисты», заманчивы; проблемы появляются, как только идеи переходят в плоскость проектно-технологических работ. Особенно резко обозначаются проблемы, когда ВИЭ пытаются

перевести с уровня подсобного хозяйства в ранг основного источника энергии.

– Проблемы использования ВИЭ возникают не одновременно: вначале это проектно-технологические задачи, затем идет экономическая оценка; социально-экологические и нравственные проблемы возникают в конце, когда уже получен положительный эффект использования того или иного ВИЭ и видна экономическая перспектива. Часто уже время упущено, и экологические проблемы приходится разрешать путем ломки и переработки принципов принятия решений.

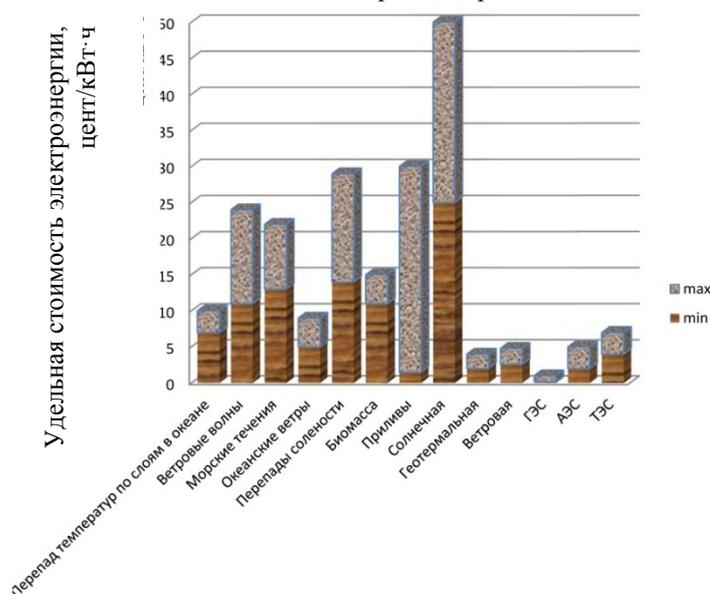


Рис. 1. Удельная стоимость производства электроэнергии [10]

Инженерные проблемы	Экономические проблемы	Экологические проблемы	Нравственные проблемы
Гелиоэнергетика (гелиоконденсаторы, солнечные батареи)			
<ul style="list-style-type: none"> • Стохастический характер получения и отсюда – необходимость аккумуляирования энергии. • Повышение КПД солнечных батарей. • Защита батарей от загрязнений. • Технологии бесхлорного получения кремния «солнечного качества» 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая стоимость технологий получения энергии 	<ul style="list-style-type: none"> • Утилизация солнечных батарей не экологична. • Применение хлорных технологий получения кремния «солнечного качества». • Огромные площади под «солнечные плантации» 	
Биоэнергетика (производство биомассы, биосинтез водорода, жидкое топливо – этанол, масло и т. д.)			
<ul style="list-style-type: none"> • Выбросы ацетона, метана и азотсодержащих органических веществ 	<ul style="list-style-type: none"> • Использование пахотных земель под засев культур; в странах Азии ежегодно площадь посева зерновых уменьшается на 8 % [12]. • Растет цена на фуражное зерно и продовольствие 	<ul style="list-style-type: none"> • Выращивание соответствующих культур и производство из них топлива требует немалых энергетических затрат, все они связаны со сжиганием топлива и выбрасыванием в атмосферу дополнительного количества CO₂. • Уничтожаемые биомы содержат огромное количество связанного углерода – прежде всего, в самих растениях, но также – в органическом веществе почвы 	<ul style="list-style-type: none"> • Чрезвычайно быстро расширяющееся производство биотоплива в тропических районах (в Бразилии, Индонезии, Малайзии) приводит к уничтожению девственных лесов или распахиванию своеобразных бразильских саванн. Уничтожаемые биомы характеризуются высоким разнообразием фауны и флоры, служат местами обитания многих видов, находящихся на грани вымирания. В связи с вырубкой лесов исчезают 74 вида в день

Инженерные проблемы	Экономические проблемы	Экологические проблемы	Нравственные проблемы
Ветроэнергетика			
<ul style="list-style-type: none"> • Стохастический характер получения и отсюда необходимость аккумулирования энергии. • Непостоянство ветровых потоков создает проблемы надежности производства электроэнергии • Необходимость резерва мощности в энергосистеме и механизмов сглаживания неоднородности выработки. • Небольшие единичные ВЭУ могут иметь проблемы подключения к сетевой инфраструктуре. • Крупные ВЭУ испытывают значительные проблемы с ремонтом, поскольку замена крупной детали (лопасти, ротора и т. п.) на высоте более 100 метров является сложным и дорогостоящим мероприятием. • При эксплуатации ВЭУ в зимний период возможно образование ледяных наростов на лопастях. При пуске возможен разлет льда на значительное расстояние [13]. • Металлические сооружения ВЭУ, особенно элементы в лопастях, могут вызвать значительные помехи в приеме радиосигнала. Чем крупнее ВЭУ, тем большие помехи она может создавать. В ряде случаев для решения проблемы приходится устанавливать дополнительные ретрансляторы [14]. • ВЭУ блокируют сигналы радаров или же создают нежелательное отражение, в результате чего возникают помехи [14] 	<ul style="list-style-type: none"> • Основная часть стоимости ветроэнергии определяется первоначальными расходами на строительство сооружений ВЭУ (стоимость 1 кВт установленной мощности ВЭУ ~\$1000). • Высокая стоимости инвертора ~ 50 % стоимости всей установки (применяется для преобразования переменного или постоянного тока получаемого от ветрогенератора в ~ 220 В 50 Гц (и синхронизации его по фазе с внешней сетью при работе генератора в параллель)). • Высокая стоимость аккумуляторных батарей – около 25 % стоимости установки (используются в качестве источника бесперебойного питания при отсутствии внешней сети). • Для обеспечения надежного электроснабжения к такой установке иногда добавляют дизель-генератор, сравнимый по стоимости со всей установкой. • Экономичность зависит от месторасположения ВЭУ 	<ul style="list-style-type: none"> • Ветрогенераторы изымают часть кинетической энергии движущихся воздушных масс, что приводит к снижению скорости их движения. При массовом использовании ветряков (например в Европе) это замедление теоретически может оказывать заметное влияние на локальные (и даже глобальные) климатические условия местности. В частности, снижение средней скорости ветров способно сделать климат региона чуть более континентальным за счет того, что медленно движущиеся воздушные массы успевают сильнее нагреться летом и охладиться зимой. Также отбор энергии у ветра может способствовать изменению влажностного режима прилегающей территории. • Снижение скорости ветра из-за массового использования ВЭУ может снижать и вентилируемость городов. Особенно неприятные последствия могут возникать в крупных мегаполисах: смог, повышение концентрации вредных веществ в воздухе и, как следствие, повышенная заболеваемость населения. • ВЭУ производят две разновидности шума: <ul style="list-style-type: none"> – механический шум – шум от работы механических и электрических компонентов; – аэродинамический шум – шум от взаимодействия ветрового потока с лопастями установки (усиливается при прохождении лопасти мимо башни ветроустановки); • Низкочастотные колебания, передающиеся через почву, вызывают осязательный дребезг стекол в домах на расстоянии до 60 м от ветроустановок мегаваттного класса [15]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Визуальное воздействие ветрогенераторов – субъективный фактор. Для улучшения эстетического вида ветряных установок во многих крупных фирмах работают профессиональные дизайнеры. Ландшафтные архитекторы привлекаются для визуального обоснования новых проектов. • В обзоре, выполненном датской фирмой АКФ, стоимость воздействия шума и визуального восприятия от ветрогенераторов оценена менее 0,0012 евро на 1 кВт.ч. Обзор базировался на интервью, взятых у 342 человек, живущих поблизости от ветряных ферм. Жителей спрашивали, сколько они заплатили бы за то, чтобы избавиться от соседства с ветрогенераторами. • Популяции летучих мышей, живущие рядом с ВЭУ, на порядок более уязвимы, нежели популяции птиц. Возле концов лопастей ветрогенератора образуется область пониженного давления, и млекопитающее, попавшее в нее, получает баротравму.
Гидроэнергетика и альтернативная гидроэнергетика			
<ul style="list-style-type: none"> • Зависимость от сезонных колебаний производимой и потребляемой мощностей. • Необходимость резервных мощностей 	<ul style="list-style-type: none"> • Удорожание навигации. • Убытки сельскохозяйственного, лесного и рыбопромышленного хозяйств. • Удорожание транспорта (мосты, объездные пути и т. п.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Создание гидротехнических сооружений препятствует рыбиходу. • Приводит к значительному затоплению плодородных земель, так как требуют большого «зеркала» воды 	<ul style="list-style-type: none"> • Изменение ландшафта – затопление деревень и поселков, мест естественного обитания диких животных и птиц
Энергетика, использующая разницу температур (геотермальная энергетика, низкотемпературная энергетика, использующая разницу температур глубинных и поверхностных вод моря и т. д.)			
<ul style="list-style-type: none"> • Стохастический характер получения и отсюда – необходимость аккумулирования энергии. • Неопределенность расположения (сложность поиска «горячей породы») в слое земной коры, оценки активности этой геотермальной области, ее стабильности – зона возможного 	<ul style="list-style-type: none"> • Геотермальная энергия невосприимчива к колебаниям цен на топливо, но при этом значительны капитальные вложения. Бурение и исследование глубоких ресурсов влекут за собой серьезные риски. На сверление скважины, экстракцию и нагнетание в скважины в Неваде 	<ul style="list-style-type: none"> • Опасность геотермальной энергии заключается в содержащихся в ней ядовитых газов и минералов (двуокись углерода, сероводород, метан и аммиак, ртуть, сероводород, аммиак и мышьяк), идущих на поверхность вместе с горячей водой. Эти вещества влияют на состояние 	

Инженерные проблемы	Экономические проблемы	Экологические проблемы	Нравственные проблемы
<p>бурения может быть непрерывно активной в течение нескольких лет, а затем утихнуть на месяцы)</p>	<p>требуется 4,5 МВт электричества и стоит это около 10 миллионов долларов, с 20 % интенсивностью отказов.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Высокие затраты на монтаж при удаленности от основных городов и поселков. Это повышает стоимость транспортировки электричества 	<p>окружающей среды и обращение с ними вызывает определенные сложности (рекомендуется обратная закачка отработанной пароводяной смеси).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Землетрясения могут повредить электростанции и нанести ущерб жителям этих областей 	
Водородная энергетика			
<ul style="list-style-type: none"> • Чтобы выделить водород из воды, необходимо затратить энергию в 3,5 раза большую, чем потом можно получить от водорода в химической реакции окисления. • Отсутствие развитой инфраструктуры. • Использование водорода потребует сложной технологии и системы обеспечения безопасности 	<ul style="list-style-type: none"> • Процесс получения водорода дорогостоящ, себестоимость – \$10-30 за килограмм водорода. В будущем прогнозируется снижение до \$3-4 [10] 	<ul style="list-style-type: none"> • Сжигание водорода экологически чисто. • Водород взрывоопасен 	<ul style="list-style-type: none"> • Чувство страха в связи с известным феноменом повышенной пожаро- и взрывоопасности
Термоядерная энергетика			
<ul style="list-style-type: none"> • Мощный поток высокоэнергетических нейтронов и выделяющаяся энергия (в виде электромагнитного излучения и частиц плазмы) серьезно воздействуют на реактор и разрушают материалы, из которых он создан. Необходимость обеспечения высокой прочности конструкционных материалов реактора при длительной (в течение нескольких лет) бомбардировке нейтронами и под воздействием потока тепла. • Обеспечение высокой надежности работы установок. Проектирование и постройка термоядерных станций требуют от физиков и инженеров решения целого ряда разнообразных и очень сложных технологических задач 	<ul style="list-style-type: none"> • В качестве топлива для него требуется лишь очень небольшое количество весьма распространенных в природе веществ. • Дейтерия должно хватить на миллионы лет, а запасы легко добываемого лития вполне достаточны для обеспечения потребностей в течение сотен лет. Даже если запасы лития в горных породах иссякнут, его можно добывать его из воды, где он содержится в достаточно высокой концентрации (в 100 раз превосходящей концентрацию урана), чтобы его добыча была экономически целесообразной [16]. • Экономическая целесообразность использования ТЯС – перспектива будущего. В настоящее время ученые на экспериментальной установке «ИТЕР» надеются получить сьем полезной энергии на 1 % больший по сравнению с затраченной 	<ul style="list-style-type: none"> • Используемая в термоядерных установках плазма имеет очень низкую плотность (примерно в миллион раз ниже плотности атмосферы), вследствие чего рабочая среда установок никогда не будет содержать в себе энергии, достаточной для возникновения серьезных происшествий или аварий. • Загрузка установки «топливом» должна производиться непрерывно, что позволяет легко останавливать ее работу, в случае аварии и резкого изменения условий окружающей термоядерное «пламя» должно просто погаснуть. • Хотя продукты синтеза (гелий и нейтроны) не являются радиоактивными, оболочка реактора при длительном нейтронном облучении может стать радиоактивной. • В случае полного отказа контура охлаждения радиоактивность стенок будет продолжать выделять тепло, но максимальная температура будет значительно ниже того значения, при котором установка расплавится 	<ul style="list-style-type: none"> • Чувство опасности как реликт атомной энергетика
Космическая энергетика (получение энергии на специальных искусственных спутниках Земли с узконаправленной ее передачей на наземные приемники)			
<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие даже экспериментальных установок. • Фотоэлектрические и электронные компоненты должны работать с высокой эффективностью при высокой температуре. • Поддержание постоянного положения станции над приемником энергии 	<ul style="list-style-type: none"> • Экономическая целесообразность пока не поддается расчету 	<ul style="list-style-type: none"> • Передача энергии должна быть точной и безопасной. • Неясно влияние прохождения высоких энергопотоков на атмосферу Земли 	

Выводы

1. Тенденция роста населения выступает в противовес тенденции эмиссии природы в целях энергетики.

2. В наиболее продвинутых направлениях использования ВИЭ совершенствование идет по всему фронту проблем – от инженерных до экологических и нравственных. Отсюда можно полагать, что при росте объемов и углублении работ даже в экзотических ВИЭ можно ожидать успешного разрешения имеющихся проблем.

3. В обозримом будущем глобальная энергетика не претерпит существенных изменений, оставаясь в плену добычи и сжигания углеводородов. По-видимому, будут найдены рентабельные технологии извлечения углеводородов из сланцев, биомассы и т. п.

4. По-прежнему важнейшая проблема отечественной энергетики – использование устаревших, неэффективных и неэкономичных технологий сжигания углеводородного сырья при низком КПД его преобра-

зования. Существующие технологии генерации энергии устарели, а их продукция неконкурентоспособна. Даже простая модернизация газовых ТЭС и ТЭЦ с переводом на парогазовый цикл [17] с минимальными инвестициями может повысить эффективность энерговыработки на 30-50 %.

5. Трудно ожидать революционного прорыва в использовании ВИЭ в ближайшие десятилетия. По-видимому, здесь предстоит длительный эволюционный путь. Исторический опыт показывает, что пока будут наличествовать традиционные возможности, наступление череды новых проблематично. Пока не истощились леса в Великобритании, к использованию коксующегося угля в металлургии широко не приступали.

6. Глобальное внедрение в экономику ВИЭ принесет ряд новых экологических проблем. Некоторые из них решаемы на инженерном и экономическом уровне, однако, имеются принципиально трудноразрешимые или вообще неразрешимые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олдак, П. Г. Равновесное природопользование [Текст] : взгляд экономиста / П. Г. Олдак ; Акад. наук СССР, Сиб. отд-ние. – Новосибирск : Наука, 1983. – 128 с.
2. Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, O. I. et al. (eds.) 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press.
3. Воробьев, А. Экспертная оценка современных мировых запасов аквальных залежей газогидратов. Expert evaluation of the current world aquatic gas hydrate reserves [Электронный ресурс] // А. VOROBIEV, PFUR, Russia, A. BOLATOVA, East Kazakhstan State Technical University, Kazakhstan G. MOLDABAEVA, KazNTU, Kazakhstan, E. CHEKUSHINA, PFUR, Russia. Режим доступа : <http://burneft.ru/archive/issues/2011-12/1>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
4. Газпром Информаторий. Как оценивают величину запасов углеводородов [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий ОАО «Газпром». – Электрон. дан. – М. : Режим доступа : <http://www.gazprominfo.ru/articles/estimate/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
5. Ванлерберге Сирилл. Оценки запасов нефти в мире [Электронный ресурс] // Le Figaro – Электрон. дан. – М. : Режим доступа : <http://www.rb.ru/inform/50297.html>, перевод – <http://www.inopressa.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
6. Исследование: дефицит нефти станет ощутимым к 2020 г. [Электронный ресурс] // Электронное периодическое издание «Ведомости» (Vedomosti) – Электрон. дан. – М. : – Режим доступа : <http://www.vedomosti.ru/newsline/news/2009/10/08/856039>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
7. Кузык, Б.Н. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике [Текст] / Б. Н. Кузык, Ю. В. Яковец – М. : Институт экономических стратегий, 2007. – 400 с.
8. Страшная безопасность [Электронный ресурс] // Электронное периодическое издание «Ведомости» (Vedomosti) – Электрон. дан. – М. : – Режим доступа : http://www.vedomosti.ru/newspaper/article/259219/strashnaya_bezopasnost, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
9. Дорошин, Г. Солнце, воздух и вода... как альтернатива традиционной энергетике [Электронный ресурс] / Геннадий Дорошин, Питер Диксон. // Электронное периодическое издание «Международный деловой журнал KAZAKHSTAN», № 3, 2006 год. – Электрон. дан. – М. : Режим доступа : <http://www.investkz.com/journals/48/92.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
10. Просвирнов А. Водородная энергетика – афера века или панacea от всех бед человечества [Электронный ресурс] / А. Просвирнов // Электронное периодическое издание «Атомная стратегия», 12.2011, – Электрон. дан. – М. : Режим доступа : <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3440>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
11. Безруких П. П. Роль возобновляемой энергетики в энергоснабжении в мире и России. Состояние и перспективы [Электронный ресурс] / П. П. Безруких // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», № 3, март 2011, Электрон. дан. – М. : – Режим доступа : http://esco.co.ua/journal/2011_3/art211.htm, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
12. Устиган И. Мировой продовольственный кризис: серьезный вызов начала XXI в. [Электронный ресурс] / И. Устиган. – Электрон. дан. – М. : Режим доступа : <http://instituciones.com/general/1142-mirovoj-prodovolstvennyj-krizis.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
13. Wind Energy in Cold Climates [Электронный ресурс] // Winterwind 2011 – Wind Energy in Low Temperature and Icing Conditions, Umeå, Sweden, Feb 9–10. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://virtual.vtt.fi/virtual/arcticwind/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
14. Устаревшие РЛС тормозят развитие ветровой энергетики [Электронный ресурс] // Электронный журнал «Компьюлента». – Электрон. дан. – М. : – Режим доступа : <http://science.compulenta.ru/560131/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
15. Wind Turbines and Health. A Rapid Review of the Evidence, July, 2010 [Электронный ресурс] // website of the Canadian Wind Energy Association. Ad. : Nina Pierpont, MD, PhD, on 3/30/11 – Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.canwea.ca/images/uploads/File/CanWEA_Wind_Turbine_Sound_Study_-_Final.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
16. Ллуэлли-Смит Кристофер, профессор Оксфордского университета, председатель Совета ИТЭР, председатель Совета СЕЗАМа. На пути к термоядерной энергетике [Электронный ресурс] / Ллуэлли-Смит Кристофер – Электрон. дан. – М. – Режим доступа : <http://elementy.ru/lib/430807>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
17. Нуждин, В. Н. Союз атома и газа [Электронный ресурс] / В. Н. Нуждин, А. А., Просвирнов // Электронный журнал «Атомная стратегия», 04.2007, – Электрон. дан. – М. – Режим доступа : <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=949>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

Рецензенти: *Клименко Л. П.*, д.т.н., професор;
Шумілов О. П., к.т.н., професор.

© Соловйов С. М., Боду С. Ж., 2012

Дата надходження статті до редколегії: 16.03.2012 р.

СОЛОВЙОВ Станіслав Миколайович – к.т.н., професор кафедри технології судового машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Коло наукових інтересів: проблеми використання поновлюваних джерел енергії.

БОДУ Світлана Жаківна – ст. викладач кафедри ТСМ НУК, Україна.

Коло наукових інтересів: проблеми використання поновлюваних джерел енергії.