

Журнал Промышленность Казахстана, 2012 г.

УДК 662.769.21

Лепесов К.К., Мукаев С.Б., Лепесов С.К.

Водородная экономика XXI века

Введение

Энергетика является базовой отраслью развития мирового производства. Современная энергетика в сложный период постиндустриального развития нуждается в неизбежных качественных переменах. Суммарное потребление энергии в мире продолжает расти (примерно на 1,6% в год), что приведет к увеличению ее потребления за 25 лет примерно на 50% [1, 2]. Индустриально развитые страны ее мирового производства прилагают серьезные финансовые и технологические усилия для сдерживания темпов роста своего энергопотребления. На то, чтобы экономить энергию, требуется в среднем в 2-3 раза меньше инвестиций, чем на производство эквивалентного количества энергии. Так, США сейчас затрачивают на производство единицы продукции в переделах медного производства от 2 до 5,6 раз меньше электроэнергии, чем Казахстан [3]. Основными первичными энергоресурсами, как известно, являются нефть, природный газ, уголь, запасы которых, в первую очередь нефти, ограничены. Но более важным, на взгляд мирового сообщества, являются глобальные климатические изменения и нарастающий экологический кризис в результате использования углеродных энергоносителей [4, 5].

Энергетические вызовы: изменение климата и антропогенная деятельность

Крупномасштабная концепция экологически чистой энергетики зародилась в середине 70-х годов как реакция человечества на надвигающуюся экологическую катастрофу, ограниченность мировых запасов углеводородных топлив и на мировой энергетический кризис тех лет.

Считается, что сжигание углеводородных топлив ведет в масштабах Земли к сильному увеличению содержания диоксида углерода (CO_2) в атмосфере (рис.1) [4, 5]. Увеличение содержания CO_2 (а также NO_2 , CH_4 и некоторых других газов) в атмосфере ведет к парниковому эффекту. Это связано с тем, что именно содержание CO_2 в атмосфере в основном определяет долю теплового излучения Земли, уходящего в космос. С увеличением содержания CO_2 в атмосфере эта доля уменьшается и происходит сдвиг динамического равновесия в сторону общего потепления на Земле.

Парниковый эффект может вызвать резкое изменение климата на Земле с особо опасными последствиями – затопление отдельных регионов, нарушение условий для сельскохозяйственной деятельности и т.д. В то же время в работах [6, 7] критически рассматриваются гипотеза планетарного потепления и анализируются другие варианты сценариев. Однако вне зависимости от вида развития климатического планетарного сценария нельзя не заметить колоссального экологического ущерба наносимому мировым промышленным производством мегаполисам, городам, поселениям в регионах с энергетической в том числе ядерной, металлургической, нефтегазохимической, сельскохозяйственной и других видов антропогенной деятельности.

Соединенные Штаты Америки с населением 5 % от мирового потребляют 25 процентов мировой энергии [2]. При достижении 95-ю % населения Земли уровня

потребления энергии, достигнутого сегодня в США, будут использованы все углеродосодержащие топлива, и человечество окажется на пороге неизбежной и необратимой гибели природы. Для "зеленых" и их партий парниковый эффект и возможная экологическая катастрофа стали важными атрибутами их движений. Определелись и страны - ведущие "вкладчики" в надвигающуюся катастрофу. По процентному вкладу в общемировой объем вредных выбросов они разделились следующим образом: США – 24%, Китай – 14%, Россия – 6%, Англия – 2%.

Отрицательные экологические последствия использования нефтяных топлив на транспорте в первую очередь заметны в крупных промышленных и культурных центрах. Перевод автотранспорта и энергетических установок на экологически безопасный вид топлива кардинально изменит экологическую обстановку, вообще и в первую очередь, городах. В крупных городах автотранспорт дает до 90% от общего объема выбросов [2, 4-1]. Принятые европейские директивы по ограничению эмиссии диоксида углерода для транспорта в 2008 году устанавливает предел в 140 г/км, а к 2015г. – 90 г/км. Последние модели, например российского «АвтоВаза» имеют эмиссию CO₂ на уровне 180 г/км [8]. Казахстан, после России, присоединился к Женевскому соглашению и обязан выполнять Европейские нормы на выброс вредных веществ. Так по расчетным данным экологических организаций г. Алматы [9] валовый атмосферный выброс от автотранспорта возрос от 144,2 тыс.тонн/год в 1991 году до 190 тыс. тонн/год в 2011 году. Понятно, что дальнейшее активное развитие традиционной энергетики и транспорта приведет цивилизацию к глобальному экологическому кризису. Парниковый эффект, разрушение озонового слоя, загрязнение поверхностных и грунтовых вод, почв вот - «плоды» углеводородной энергетики, которые привели к развитию глобальной энергетической революции XXI века. В связи с этим весьма актуальны поиск и решение путей рационального использования современных ресурсо- и энергосберегающих технологий. Водородная экономика – это альтернативная энергетика ближайшего будущего, которая должна обеспечить устойчивое развитие и энергетическую безопасность мирового сообщества и помочь в решении экономических, социальных и экологических проблем. Формирование массового "водородно-экологического" сознания в Евросоюзе, США, Японии и других развитых странах активно ведется с 90-х годов прошлого столетия. Однако основой энергетической политики ведущих стран долгосрочные водородные программы стали лишь с 2003 г., после встречи на высшем уровне в Йоханнесбурге (2002 г.), где энергетические проблемы заняли центральное место, а также вследствие скачкообразного роста мировых цен на топливо и вступления в силу Киотского протокола. Вопросы глобальной энергетической безопасности обсуждались на саммите «большой восьмерки» (G8) в Санкт-Петербурге в июле 2006 г. План действий принятый по глобальной энергетической безопасности содержал пункты 21-й и 26-й, которые имели непосредственное отношение к водородной энергетике. Так в пункте 26 отмечено: «Мы поддерживаем переход к водородной экономике, в том числе в рамках Международного партнерства по водородной экономике (IPHE)...необходима разработка единых международных стандартов в области развития коммерческой водородной энергетики, инфраструктуры и соответствующих мер безопасности». Часть же пункта 21, касающегося эффективности и энергосбережения на транспорте, призывает: «Интенсифицировать научные исследования для разработки транспортных средств, разработанных на бензине, водородном топливе и водородных топливных элементах для содействия созданию водородной экономики». Таким образом водородная экономика получила международное признание, как одно из ведущих перспективных направлений развития глобальной энергетики в XXI веке с целью предотвращения системного кризиса современной цивилизации.

Водородная экономика разделяется на следующие основные элементы [10-14]: 1) технологии и способы производства водорода; 2) способы его хранения и распределения; 3) использование и применение в стационарных и мобильных системах. Согласно концепции развития водородных энергосистем [10, 14, 15] производство водорода в мире должно

увеличиться к 2030 году до 700 млн.тн/год и далее к 2100г. до 900 – 1000 млн.т/год. Основное использование 50-60% от его объема производства планируется транспортных структурах и средствах, а также в промышленном комплексе, бытовой сфере, в т.ч. продажах водорода и сервисе [14, 15]. Выбор водорода в качестве вторичного энергоносителя, кроме его экологической безопасности обусловлен исключительно высокой энтальпией сгорания ($dH_{\text{сгор}}$, равна - 143,06 МДж/кг, а для обычного углеводородного топлива — 29,3 МДж/кг); высокой теплопроводностью водорода, а также его низкая вязкость очень важна при транспортировке водорода по трубопроводам. Ресурсы водородного сырья для водородной энергетики неограниченны, если в качестве исходного соединения для получения водорода рассматривать воду (содержание воды в гидросфере $1,39 \cdot 10^{18}$ т) [16]. В связи с этим структура сложившегося мирового традиционного топливно-энергетического комплекса должна будет претерпеть существенные изменения при постепенной замене углеродсодержащих энергоносителей на водород, получаемый из воды с помощью электролиза, альтернативных и возобновляемых источников энергии. Пионером в переориентации и развитии нового энергетического уклада выступил промышленный локомотив Евросоюза – Германия. Германский парламент (Бундестаг) 30 июня 2011 года принял законодательное решение поэтапно закрыть к 2022 году все 17 ядерных энергоблоков с установленной мощностью 20 339 МВт, которые вырабатывали не менее 22% годовой потребности страны в электроэнергии .[17].

Предстоящая энергетическая перестройка ФРГ должна будет, согласно доктрине, удвоить национальную энергетическую эффективность (НЭФ) с сегодняшних 30% до 60%, при среднемировой величине НЭФ около 10% [17-20]. Развивая электрификацию с низким уровнем риска Германия предполагает добавить к национальной энергосети вторую энергетическую схему страны с участием водородной энергетики. Создание параллельной второй национальной системы электроэнергопроизводства и услуг должно произойти за счет введения вторичного энергоносителя водорода. Предполагается, что необходимые инновационные технологии будут доступны за счет повышения КПД у электростанций на органическом сырье до 50%, стационарных газовых турбин до 40%, а в сочетании с паровыми турбинами в комбинированных циклах будут достигать КПД более 60%. Предлагается коренная модернизация национальной сети преобразования энергии от первичного энергетического сырья для первичной энергии, а оттуда в среднюю энергию и, наконец полезную энергию для оказания четырех энергетических услуг: 1) отопление/охлаждение домов и зданий, 2) энергетическая поддержка транспорта и производства, 3) освещение комнат и городских улиц и 4), услуги связи. В 21 веке Германия предполагает использовать все виды восьми основных возобновляемых источников энергии: предлагаемые природой, а именно: энергия солнца, ветра, биомассы, гидро-, тепло окружающего, геотермальная энергия, кроме энергии океана и приливов, так уже в 2010 году в стране было произведено ветростанциями 27 000 МВт и 17000 МВт - солнечными установками. Для повышения эффективности транспортных услуг предполагается заменить углеводородное топливо на водород, а двигатели внутреннего сгорания - водородными топливными элементами с передачей мощности на электропривод. Так как Германия имеет долговременные традиции в импорте энергии, то разрабатывается схема импорта энергоисточника с помощью водорода вместо угля или нефти или газа. Такие проекты как "Desertec" [21], направлены на использование мощных солнечных установок (предполагается сочетание солнечных коллекторов, фотовольтаических, ветровых установок и элементов водородной энергетики) в Северной Африке или на Ближнем Востоке, (или ветер Патагонии, солнечную энергию Австралии, Индии) в 2-3 и более раз более мощными чем в Европе. Одиннадцать стран Европейского союза в 2009 году подписали Меморандум о постройке гигантской сети солнечных энергетических коллекторов, разветвленных по странам участникам и пришли к соглашению по реализации установки Desertec. Начало конкретным действиям было положено в 2011 году когда канцлер Германии Ангела Меркель и председатель Еврокомиссии Жозе Баррозу официально одобрили проект. Уже сегодня

ведется разработка проекта, а бюджет проекта был увеличен с 380 до 540 млрд. евро. Установка солнечной электростанции будет располагаться в пустыне Сахаре, коммуникационные системы предполагается проложить через дно Средиземного моря. Специалисты считают, что к 2050 году, после запуска системы, ее мощность будет более 100 ГВт энергии, что составляет 20% потребности Европы в электроэнергии.

Электроэнергия будет также доставляться за счет высоковольтных линий электропередач постоянного тока или с помощью водородных трубопроводов или танкеров в Европу. Проект «NaturalHy» [22], интегрированный проект Европейской Комиссии (Integrated Project by the European Commission's Sixth Framework Programme) рассматривает научные и технологические возможности по использованию газопроводных коммуникаций для транспортировки смеси природного газа и водорода, называемого «хайтан» (hythane). Показана возможность использования, без серьезных модификаций, оперативной работы газопровода Тунис - Сицилия для поставки газообразного водорода в количестве 10-15% от общей мощности трубы, где по прибытии в пункт назначения производится селекция водорода с помощью мембранных технологий. Эти проекты являются примером возможностей современных средств поставки огромных количеств «чистой» энергии в «бедные» ресурсами страны. В отличие от солнечной энергетики водородная экономика находится на начальной стадии коммерциализации. Суммарные мировые инвестиции в водородную энергетику в 2010 году составили более 1 млрд. долл. США [23] Как видно из диаграммы (рис.2) главными инвесторами в мировое развитие водородной энергетики среди стран являются США, Япония, страны ЕС и Южная Корея.

В перспективе главными регионами для продаж топливных элементов называют Индию, КНР, а также Африку, где развитие телекоммуникационного рынка, во многом, сдерживается несовершенной системой электроснабжения. Следует отметить, что стимулы внедрения топливных элементов в разных регионах мира разные. Так, в странах ЕС и Японии акцент сделан на улучшение экологической обстановки, в то время как в США, прежде всего, интересуют повышение энергетической безопасности и удобство использования. Китай, во многом, развивает технологию в стремлении достичь мирового технологического лидерства. В Европе главным институтом развития водородной энергетики является платформа HFP (European hydrogen and fuel cell technology platform), инициированная в 2003 году. Одной из целей платформы является создание водородно-ориентированной энергосистемы в странах ЕС к 2050 году (Седьмая рамочная программа научно-технического развития Европейского Союза (FP7)). Платформа в период в 2014-2020 гг. надеется получить 17,9 млрд. евро инвестиций, на направления, которые представлены в диаграмме (рис. 3). Как видно из диаграммы основной объем финансирования пойдет на транспорт и инфраструктуру, стационарные приложения, производство водорода и т.д.

Основные способы и технологии получения водорода

В водородной энергетике способы получения водорода, в первую очередь зависят от исходного сырья [11-15]: а) из ископаемого природного минерально-органического сырья (далее углеродного), причем до 96% водорода в настоящий период производится методом парофазной конверсии органического сырья; б) из воды и пара путем химического и термохимического электрического разложения воды, д) под действием ионизирующих излучений, радиоволн, ее электролиза, и др. Это способствует возможности многостороннего применения водорода. Водород может быть использован в качестве топлива во многих химических и металлургических процессах, а также как топливо в авиации и автотранспорте, так и в виде добавок к моторным топливам. Но все они обладают одним и тем же крупным недостатком - в технологическом процессе получения водорода используется высокопотенциальная энергия, на получение которой в свою очередь затрачивается дефицитное ископаемое топливо (уголь, природный газ, нефтепродукты) или электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях. Если попытаться получать водород в

необходимых количествах только из природного газа, то уже к 2025 году для производства 200 млн т водорода потребовалось бы сжигать 1200 млрд м³ природного газа, то есть примерно половину его сегодняшнего мирового потребления, что вызвало бы неприемлемую нагрузку в напряженном балансе газа.

Такое производство водорода всегда будет оставаться неэкономичным и экологически опасным, а, следовательно, бесперспективным кроме того существенной непреодолимой проблемой до сегодняшнего дня остается неэкономичность таких способов промышленного производства водорода. Наиболее перспективной технологией производства водорода считается электролиз воды или прямое восстановление его с помощью высокотемпературных процессов [11-15].

Источники энергии и материалы для производства водорода из воды

Ключевым моментом коммерческого осуществления «водородной экономики - водородной цивилизации» будет наличие «дешевых», экологически приемлемых и целесообразных методов его получения. Наиболее экологически чистым источником энергии для получения водорода являются, конечно, возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Однако по расчетам Международного экологического объединения «Bellona» [24] для того чтобы все ежегодно продаваемые в настоящее время автомобили в Европе могли работать на водороде, требуется установка приблизительно 65000 новых ветростанций/год или введение дополнительных мощностей в солнечной энергетике в сотни раз превышающие существующие.

Так мировой объем мощностей по производству ФЭП в 2010 году достиг 37 ГВт. Очевидно, что получение водорода из угля и углеводородов и использование атомно-водородной энергетике видимо является полумерой и переходным этапом от традиционной энергетике к водородной экономике.

В тоже время использование водорода в качестве энергоносителя связано с рядом принципиальных проблем сдерживающих развитие этой отрасли энергетике: низкая объемная энергоемкость в связи с малой плотностью водорода при нормальном давлении, а также проблемы с транспортировкой, хранением и распределением водорода, не высокая пока рентабельность электрохимических генераторов. Однако методы получения, хранения, распределения водорода и конверсии химической энергии в электро- и тепловую постоянно совершенствуются.

Важное значение в связи с этим получили работы по разложению воды энергоаккумулирующими веществами (ЭАВ) [11-15, 25] в первую очередь алюминием и сплавами на его основе. Для производства водорода наибольшее применение нашли алюминиевые сплавы и ряд авторов эту область водородной экономики обозначают как алюмоводородная энергетика [26,27]. Применение алюмоводородных генераторов позволит решить проблему безопасности перспективных транспортных средств и подвижных агрегатов с водородными двигательными установками, работающими в настоящее время на жидком (криогенном) водороде. Алюминий является безопасным и эффективным источником получения водорода (один объем алюминия обеспечивает при сжигании в воде генерацию 3243 объ-емов водорода, а один объем жидкого водорода при газификации образует 850 объемов водорода) [26]. Срок хранения алюминия практически неограничен, и его запасы, по сравнению с углеводородными горючими, являются компактными (плотность алюминия—2,7 г/см³; плотность углеводородных горючих—менее 0,8 г/см³). Разработка алюмоводородных технологий позволит внести существенный вклад в решение проблем перехода к водородной энергетике. Для эффективного сжигания алюминиевых ЭАВ в воде разработаны химические, механико-химические, физико-химические и физические способы активации алюминия и его сплавов [11-15, 25-27].

Кроме водорода, тепловой энергии и оксида алюминия ценным коммерческим продуктом реакции разложения воды является, пар высокого давления, который можно

подавать к потребителю для получения электроэнергии и конденсированной воды, доведенной до качества питьевой воды.

Перспективы развития элементов водородной экономики в Казахстане

Казахстан относится к странам, ВВП и бюджет экономики которых во многом зависят от объема добычи и экспорта органического минерального сырья и продуктов передела горно-металлургического комплекса (ГМК). Специфика продукции нефтегазовой отрасли республики в большом содержании в них до 30% серосодержащих веществ. Не в лучшем положении находятся предприятия ГМК: медные, свинцовые, цинковые и т.д. производства основным сырьем, которых являются полиметаллические сульфидсодержащие руды. Многие металлургические предприятия, а также производства по переработке урановых руд, практически находятся в городской черте. За двадцать лет независимости резко возрос автомобильный парк в городах, усложняя экологическую ситуацию воздушного бассейна. Таким образом решение проблем загрязнения окружающей среды, снижения выбросов и очистки от диоксидов углерода и серы, других загрязняющих веществ и наконец, необходимость выполнения Казахстаном условий Киотского протокола отвечают задачам, которые поставлены и решаются в рамках глобальной мировой концепции развития водородной экономики, в связи с чем представляется необходимым вступление Казахстана в члены Международной ассоциации по водородной энергетике (МАВЭ). В мегатренде развития республики «Альтернативная энергетика» водородная энергетика отсутствует [28]. Промышленное получение водорода в Казахстане не налажено, но в республике имеются практически все потенциальные возможности, как для становления производства водорода, так и развития других элементов водородной экономики. Как упоминалось выше, наиболее рентабельным процессом производства является конверсия в водород из ископаемого топлива (газ, нефть, уголь) и синтетического топлива (синтез-газ, метанол, биотопливо и др.). Переход республики на водородную экономику должен видимо начаться с постепенной переориентации нефте-газоперерабатывающей промышленности, которая в основном производит моторные топлива, на водородное топливо для распределения его в сетях новой экономики. Таким образом стало бы возможным совершить перенос загрязнений автотранспорта из городов в места производства водорода. Первыми шагами на этом пути должны быть меры по утилизации и переработке попутного и природного газа нефтедобывающих и перерабатывающих производств. Так по данным / 7 / Казахстан сжигает не менее 4.35 млрд.м³ газа в год, которое как показывают наши расчеты, при конвертировании этого газа с к.п.д. 90% в водород, что было бы эквивалентно ежегодному производству порядка 2.7 млн.т /год бензина или позволило бы уменьшить вдвое завоз моторных топлив в республику.

За годы независимого Казахстана в стране появился ряд инновационной продукции, в том числе, такие как производство алюминия различных марок, а также ферросилициевых сплавов [29], получаемых из некондиционного сырья Экибастузского каменноугольного месторождения. Расчеты специалистов [12-15] показывают, что полное коммерческое использование продуктов сжигания ЭАВ на основе алюминия и редких металлов позволяет снизить стоимость выработки энергии, до менее чем двух российских рублей.. В Казахстане же имеются дополнительные возможности в 3-5 и более раз снижения затрат себестоимости за счет использования материала ЭАВ более дешевого чем металлический алюминий и недефицитных восстановителей. Для развития этих элементов водородной энергетике весьма важна обеспеченность минерально-сырьевой базы редкометальной и редкоземельной продукцией [29]. Из разработок по водородной тематике АО ННТХ «Парасат», отметим проекты ТОО «Физико-технический институт» (директор, профессор Токмолдин С.Ж.), выполняемые в рамках создания инфраструктурного комплекса «Нанофабрика»[30]. Одной из задач комплекса «Нанофабрика» является организация опытных производств в приоритетных направлениях инновационной энергетике: солнечная и водородная энергетика. Проект «Создание

опытной батареи низкотемпературных наноразмерных твердооксидных топливных элементов (ННТОТЭ) с высокой энергетической плотностью» направлен на усовершенствование материалов структурных элементов и общей конструкции ННТОТЭ с последующим переходом к стадии коммерциализации, на которой будут созданы мощные, компактные топливные элементы для использования в энергетической отрасли. В данном проекте Физико-технический институт в сотрудничестве с Центром перспективных материалов Университета Хьюстона, США продвигается от исследований наноразмерных ННТОТЭ к стадии создания опытного промышленного образца. Это позволит получать конечный продукт в виде батареи мощностью 10 Вт, работающей при температуре меньше 550°C с рекордной плотностью мощности порядка $\sim 5 \text{ Вт/см}^3$.

Современная энергетическая концепция индустриально-развитых стран провозглашает о всемерном способствовании: а) переходу национальных энергосистем на альтернативные источники энергии и замене углеродного энергоносителя на водород; б) развитию водородной экономики за счет введения производимого в стране и/или импортируемого из-за рубежа водорода; в) формированию декарбонизированной энергетики путем применения и получения водорода из угля, нефти и природного газа в регионах добычи сырья. Следовательно, Республике Казахстан, бюджет которого в значительной мере зависит от экспортных поставок углеводородного сырья, согласно нашему среднесрочному прогнозу, необходимо внедрять новые водородные технологии на основе знаний по фундаментальным проблемам водородной экономики для удовлетворения нарастающего мирового спроса на экологически чистое топливо – водород и конечно планировать в стратегических планах развитие в стране элементов водородной экономики.

Литература

1. ExxonMobil: Energy demand to increase 50% by 2030. Oil & Gas J., 2006, Jan. 9.
2. www.oecd.org – Официальный сайт Международной организации экономического развития и сотрудничества
3. Галиев С., Жумабекова С. - //Анализ потребления ресурсов на предприятиях горно-металлургического комплекса Республики Казахстан//. Промышленность Казахстана, №4(67), 2011., с. 38 - 43.
4. Сайт NASA, США - www.giss.nasa.gov/research/observe/surftemp/1999_
5. www.epa.gov/globalwarming/climate/index.html..
6. Арутюнов В.С. //Глобальное потепление: миф или реальность//. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им.Д.И. Менделеева), 2005, т. 44, № 4, с. 102—109.
7. Арутюнов В.С. //Некоторые проблемы энергетики начала XXI века//. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им.Д.И. Менделеева), 2005, т. 44, № 4, с. 4—10.
8. Сайт - www.elar.urfu.ru
9. Статья «Любимому городу чистый воздух». Юридическая газета от 18.04. 2011 года.
10. Мазуренко С.Н. Водородные технологии для энергетики развивающегося мира. // Российский химич.ж., т.ЛII, №6, с.78 – 79, 2008.
11. Семененко К.Н. Водород основа химической технологии и энергетики будущего. М.1979г. ;
12. Подгорный А.Н. и др. Водород и энергетика. Киев. 1984г.;
13. Козин Л.Ф. Водородная энергетика и экология. Киев. 2002г.;
14. Лепесов К.К., Мукаев С.Б., Лепесов С.К. «Перспективы развития нановодородной энергетики». Материалы 1-ой Международной Инновационной Школе, «Энергия, вода и химия» г. Актау, 30.05. – 03.06.2011г., с.119-123
15. Лепесов К.К., Мукаев С.Б., Лепесов С.К. «Роль металловодородной энергетики в развитии водородной экономики». Журнал Ядерное Общество Казахстана, №4, 2011г., с.88-93
16. Официальный сайт РГП Казгидромет МООС РК - www.meteo.kz -
17. C.J. Winter // After nuclear has gone - Energy in Germany//. Int. J. Hydrogen Energy, 2012, т.37, с. 1-5.
18. Лепесов К.К., Мукаев С.Б., Лепесов С.К. //Роль водородной экономики в энергетической доктрине Германии// Материалы международной научно-практической конференции «Социально-экономическая модернизация Казахстана в условиях глобальной финансовой нестабильности», с. 288 - 292, Алматы. 16-18 мая 2012г., VI Рыскуловские чтения КазЭУ им. Т.Рыскулова
19. Лепесов К.К., Мукаев С.Б., Лепесов С.К.// О мировых тенденциях развития декарбонизированной безядерной энергетики// Материалы второго семинара - конференции «Интеграция химической науки с производством, через инновации к прогрессу», КазНУ им. АльФараби, Алматы. 24-26 мая 2012г.,
20. Лохман Б. //Отказ от использования АЭС: немецкий подход// Вестник Казахстано-Немецкого Университета: устойчивое развитие Центральной Азии., 2012г., с. 50-59.
21. Тасекеев М.С., Еремеева Л.М. Мировые тенденции развития возобновляемых источников энергии и технологические инновации. Алматы, НЦ НТИ., 2011, 175с.
22. Официальный сайт Европейской Комиссии - www.naturalHY.net)
23. Официальный сайт - www.cleandex.ru.

24. Официальный сайт - www.bellona.org
25. Сармурзина Р.Г., Метакса Г.П., Абеева Н.А. Разработка процесса активации, алюминия, кремния, магния для использования их в качестве энергоаккумулирующих веществ. Алматы, КазНИИНКИ, 1993г., 27с.
26. Жук А.З, Клейменов Б.В., Школьников Е.И., Шейндлин А.Е. и др. Алюмоводородная энергетика. Под редакцией А.Е. Шейндлина. М. ОИВТ РАН. 2007. 278 с.
27. Лепесов К.К. и др. Авторское свидетельство СССР №1596919 .1990г
28. Официальный сайт МИНТ РК - www.mint.gov.kz., /Определение технологических мегатрендов, проблем и потребностей, которые окажут влияние на будущее развитие Казахстана/, АО «Институт экономических исследований»
29. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения. В 10 –ти т., 2-е издание, дополненное. Главный редактор: А.А.Жарменов. Том10: Инновация: идея, технология, производство. Алматы, 2008, 472 с. Редактор тома: А.Ж.Терликбаева.
30. Официальный сайт АО «Научно-технологический холдинг «Парасат».- www.parasat.com.kz

Рис. 1

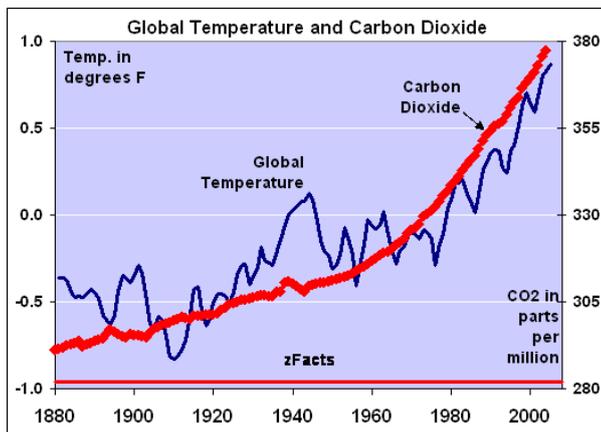
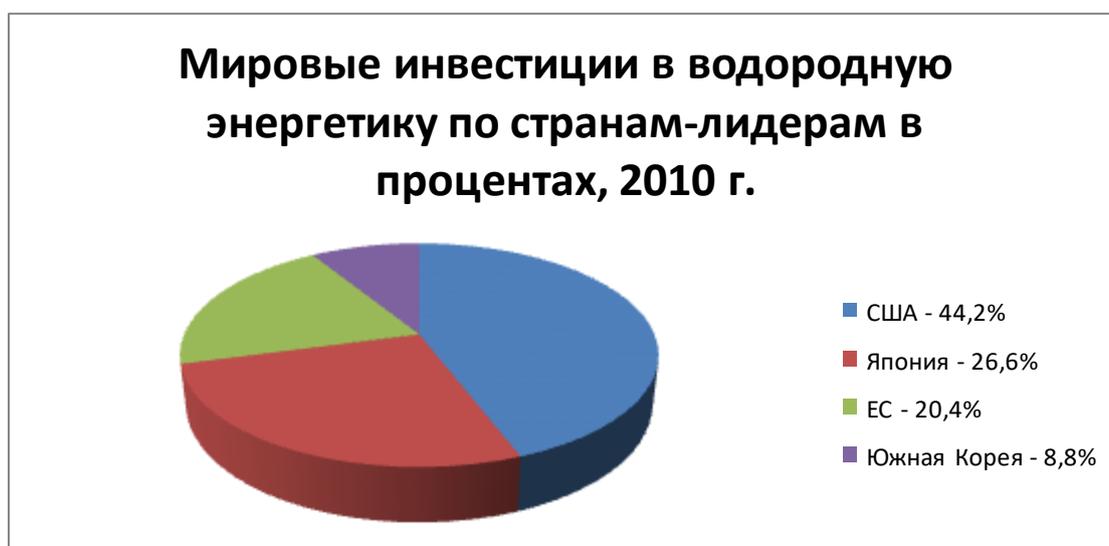


Рис.2



Рис.3



Резюме

к статье К.К. Лепесова, С.Б.Мукаева, С.К.Лепесова «Водородная экономика XXI века и перспективы развития ее элементов в Республике Казахстан»

Настоящая статья посвящена современному состоянию одного из важнейших направлений альтернативной энергетики – водородной экономики. Рассмотрены вопросы влияния антропогенной деятельности на изменение климата и экологию в крупных промышленных и культурных центрах. Перевод автотранспорта и энергетических установок на экологически чистый вид и доступный топлива – водород может кардинально улучшить экологическую обстановку. Рассмотрена мировая концепция развития водородной экономики и ее основные структурные элементы: 1) технологии и способы производства водорода; 2) способы его хранения и распределения; 3) использование и применение в стационарных и мобильных системах индустриально-развитыми странами. На примере Германии показаны пути переориентации и развития нового мирового энергетического

уклада. Показаны вызовы, угрозы и необходимые меры которые нужно принять Казахстану при процессах замены углеродсодержащих топлив на водород.