

## **Энергетика геотории**

д.т.н. Бушуев В.В. – Генеральный директор Института энергетической стратегии, главный научный сотрудник ОИВТ РАН (vital@df.ru)

д.т.н. Зайченко В.М. – зав. лабораторий ОИВТ РАН (zaitch@oivtran.ru)

### **Аннотация.**

Геотория – отдельный район территории планеты, самодостаточный по своему социо-природному потенциалу и по организационно-хозяйственной структуре для жизнедеятельности местного населения. С одной стороны, геотория является частью более общего образования (региона, государства, континента), а с другой - ее внешние связи существенно слабее, чем многокомпонентные внутренние отношения. При этом отличительной особенностью геотории по сравнению с обособленным административным и экономическим районом является важная роль природного фактора (климата, воды, энергетических ресурсов, особенностей ландшафта), ментальности населения, а также сочетание исторического опыта и инновационных устремлений в обустройстве своего местообитания – Дома (Экоса, от греч. oikos – жилище, ойкумена – место обитания).

Жизнедеятельность в этом Доме – это общий энергетический процесс его материального обустройства, хозяйственного (экономического) обеспечения и нематериального (духовно-культурного информационного) развития в интересах нынешнего и будущих поколений, сохраняющих традиции домашнего очага и развивающих новые формы взаимодействия с себе подобными и окружающей социо-природной средой.

Авторы рассматривают в статье новые подходы к организации энергетического жизнеобеспечения в рамках геотории, являющейся узловым элементом будущей сетевой структуры на территории государства.

### **Структурные особенности Евразии как энергосетевой системы.**

Общий инфраструктурный вид Евразии наглядно представлен на рисунке, где светящиеся точки отражают всю совокупность энергетических, транспортных и информационных связей на общем континентальном пространстве.

## Инфраструктура Евразии



Из этого рисунка видно, что в отличие от Европы с высокой плотностью инфраструктурных связей, западная часть России представляет собой радиально-кольцевую сеть, исходящую из Москвы и нескольких других опорных узлов. В то же время Сибирь, Дальний Восток, Арктическая зона, вся северная и восточная Евразия, включая большую часть Средней Азии и Китая, представляет собой территорию со слабыми инфраструктурными связями, соединяющими отдельные очаги ойкумены. Эти очаги и есть геотории - территориальные образования вокруг природно-хозяйственных центров поселения и производства. В отличие от традиционных территориально-производственных комплексов, геотории характеризуются важной ролью местных природных ресурсов, сосредоточенных в недрах и окружающем пространстве. В первую очередь речь идет об энергетических ресурсах (углеводородах, подземном тепле, воде, ВИЭ), а также минерально-сырьевой базе, служащей источником сырья для промышленности. Энергетика при этом является не только средством жизнеобеспечения населения, но и технологическим ресурсом для производства, обеспечивая в целом жизнедеятельность геотории.

### **Централизованные геотории**

Запасы углеводородных ТЭР Евразии размещены крайне неравномерно. До 70% всех континентальных ресурсов нефти и газа размещены вдоль 60-го меридиана (от Ямала через Урал и Каспий на Ближний Восток). В Советском Союзе, основываясь на

первоочередном развитии районов с богатыми природными ресурсами, была предпринята попытка осуществить сплошную электрификацию страны за счет централизованного производства на базе крупных энергоисточников и энергоснабжения всех удаленных потребителей с помощью разветвленной сети ЕЭЭС.

Но планы электрификации СССР, начиная с плана ГОЭЛРО, и создание Единой электроэнергетической системы страны оказались не в состоянии развить инфраструктуру огромной территории Восточной Евразии до уровня более компактной Западной Европы.

Инфраструктура Евразии представляет собой явно выраженный сетевой вид с узлами, где имеет место определенная концентрация энергетических мощностей (как генерирующих, так и локальных центров потребления). Эти узлы напоминают старые оазисы, где жизнь развивалась благодаря благоприятным природным факторам, в первую очередь, наличию воды как неотъемлемому ресурсу для жизнедеятельности. В недавнем прошлом такие оазисы – геотории (территориально-производственные комплексы) развивались на территории СССР как энергопромышленные центры на базе крупных ГЭС (Волжского и Ангаро-Енисейского каскада, рек Средней Азии), как углеметаллургические комплексы Урала, Кузбасса и Экибастузе, как нефтегазовый комплекс в Западной Сибири. Именно возведенные здесь энергетические мощности стали центром комплексного промышленного развития регионов и страны в целом, своего рода гигантскими энергетическими геоториями с замкнутыми технологическими циклами по производству алюминия и нефтехимии, лесопереработки и машиностроения. При этом избыточные энергетические потоки и потоки энергоемкой промышленной продукции не замыкались на месте, а шли также и в соседние регионы и на экспорт, формируя общее энергетическое пространство. Территория Евразии в силу громадности ее размеров не могла стать сплошным энергетическим оазисом, а сохраняла свою сетевую ячеистую инфраструктуру.

### **Энергетическая локализация геоторий.**

Этот процесс энергетической локализации территорий особенно развился в постсоветской структуре, когда потребитель оказался распределенным по местам обитания населения, удаленным друг от друга, а концентрация мощностей в центрах потребления значительно снизилась. Ситуация с энергетической отраслью в нашей стране осложняется тем, что строительство новых крупных энергетических станций (в первую очередь, на природном газе), либо реконструкция существующих, оказывается убыточной, т.е. не окупается за срок работы используемого оборудования. Так, по данным Института «Ростовтеплоэлетропроект», сравнение технико-экономических параметров

некоторых проектов по строительству и реконструкции действующих электростанций, в том числе тех, которые находятся в стадии реализации [1], показывает, что окупаемость новых угольных электростанций в настоящее время – около 50 лет, а газовых 18 - 22 года. В тоже время различные типы распределенной генерации имеют сроки окупаемости, в среднем, от 4 до 10 лет. Это значительно ниже по отношению к крупным объектам централизованной энергетики, а, значит, экономически существенно выгоднее. Поэтому, несмотря на богатые возможности природных ресурсов Восточной Сибири и Дальнего Востока, развитие новых геоторий типа Южно-Якутского и Забайкальского ТПК для горной промышленности, а также мощных приливных ГЭС в Охотском море для производства и экспорта сжиженного водорода представляется малореальным. Они могли бы вдохнуть жизнь в освоение восточных регионов страны, но «долгострой» «не по зубам» российской экономике и энергетике.

Анализ показывает, что реальные цены на инвестиции и тарифы на электроэнергию не позволяют окупить капитальные вложения в крупные энергетические объекты в приемлемые сроки. Используемая схема ДПМ (Договор на поставку мощности) при строительстве крупных энергетических объектов - своеобразная форма бюджетной поддержки для того, чтобы окупить затраты в срок хотя бы 15...18 лет, т.е. не более половины расчетного периода эксплуатации нового оборудования (обычно для крупных электростанций срок окупаемости порядка 40 лет). Но существующая практика бюджетных дотаций в энергетическую отрасль не может считаться оправданной. По сути дела, мы приравниваем энергетику к существующим традиционным бюджетным статьям расходов, таким, как образование, здравоохранение, оборона и т.д. Энергетика же является не только инфраструктурной, но и производственной отраслью, и при ее функционировании и развитии должны образовываться бюджетные отчисления, используемые для пополнения традиционно существующих статей расхода бюджета. К тому же энергетика все больше становится не отраслевой, а региональной проблемой функционирования и развития территории.

К настоящему времени происходит сокращение темпов роста вводимых электростанций большой и сверхбольшой мощности, работающих в региональных системах централизованного энергоснабжения. В то же время развивается локальная энергетика, увеличивается количество генерирующих объектов малой и средней мощности, приближенных к потребителям, с минимальными системами передачи и распределения электрической и тепловой энергии. Многие регионы, такие как Арктика, Крым, Камчатка, Таймыр и др. вообще немислимы без локальной энергетике. Создание автономных

электростанций непосредственно для энергоснабжения отдельных потребителей с экономической точки зрения также оказывается более выгодным.

Следует отметить, что масштабный эффект при высокой цене инвестиций перестал играть значимую роль. К тому же распределенная генерация оказывается более адаптивной к возможному развитию и перераспределению нагрузок в процессе развития территорий. Одним из основных преимуществ малой генерации является быстрая отдача инвестиций по сравнению с крупными долгостроями.

Достаточно инвестиционно более привлекательной и распространенной является практика, когда потребители ведут строительство электростанций исключительно для покрытия собственных нужд в электричестве и тепле, что оказывается не только более выгодным, но и более удобным по технологической интеграции потребителя и генерации, находящихся в руках общего хозяина, по отношению к подсоединению данных объектов к централизованным энергосистемам и зависимости производства от централизованного поставщика. Генерация и потребление энергии все больше становится составной частью общего технологического процесса. При этом потребитель становится все больше самостоятельным производителем энергии, отдавая ее избытки либо во внешнюю сеть, либо запасая ее в различного вида накопительных установках. Потребитель же в виде градообразующих предприятий несет ответственность и за энергоснабжение населения, работающего в основном на этом предприятии, не перекладывая заботу на плечи местного бюджета региона.

Общей проблемой для многих регионов в настоящее время является невозможность в рамках существующих тарифов окупить затраты на тепло- и энергоснабжение с использованием привозных энергоносителей. Огромной проблемой является использование жидких топлив для местного энергоснабжения, таких как солярка, мазут, печное жидкое топливо. Вопрос окупаемости в этом случае не стоит вообще. При себестоимости «дизельного электричества» от 20 руб. и выше (в некоторых регионах до 100) это требует значительных бюджетных дотаций. Бюджетное финансирование используется для частичного покрытия затрат на приобретение привозного топлива в регионах, имеющих значительные местные топливно-энергетические ресурсы. При получении энергии от сети существует значительная разница в тарифах, по которым рынок платит за энергию генерирующим компаниям, и тарифам, по которым производится отпуск электроэнергии потребителям. Так, эквивалентный одноставочный тариф для платы за электроэнергию станциям, в среднем по стране, лежит в диапазоне 1,3...1,7 руб./кВтч, а для реализации потребителям – в диапазоне 4...8 руб./кВтч. Переход от централизованного энергоснабжения к местной локальной генерации, согласованной

организационно и технологически с потребностями местной промышленности и населения, позволяет избежать «накрутки» цен за счет отказа от промежуточных перепродавцов энергии. При использовании объектов распределенной генерации, сооружаемых для энергообеспечения отдельных потребителей, энергия оплачивается потребителем, в большинстве случаев, практически по себестоимости. Так, например, при использовании газопоршневых электростанций стоимость кВтч для потребителя оказывается на уровне 1,8 – 2,0 руб. При этом сроки окупаемости инвестиций в автономные энергоисточники оказываются ниже, а индексы доходности выше, чем при сооружении традиционных электростанций большой мощности. Развиваемые в России подходы к энергообеспечению, могут отличаться от существующей точки зрения в западных странах. В нашей стране существенно иная ресурсная база, иная структура энергетического производства и распределения, иной менталитет. В России - огромные расстояния и наличие обширных регионов с неразвитой централизованной энергетической инфраструктурой, которую во многих случаях нецелесообразно и создавать.

### **Ресурсная обеспеченность энергетики геотерии**

Энергоэкономическая интеграция внутри района позволяет решать и общие социальные задачи формирования тарифов на энергоносители, а также и вопросы экологии на данной территории. Для обеспечения такого энергопроизводства нет необходимости прибегать к завозу топлива извне и оказывается достаточным использованием местных энергоресурсов.

Факт наличия таких ресурсов, достаточных по своим масштабам для надежного топливоснабжения малых станций, а также возможности использования вторичных ресурсов вкупе с нетрадиционными забалансовыми (по старой схеме) запасами углеводородов и ВИЭ заставляет пересматривать общую схему энергоснабжения территорий, делая ее не отраслевой схемой, а региональной.

В частности, Нижегородская область, в которой, в основном, используется привозной уголь из Кузбасса, располагает в тоже время большими ресурсами местных топливно-энергетических ресурсов, такими, как торф и древесина. Южные регионы России тоже используют уголь из Кузбасса в то время, как использование ветровой и солнечной энергии может обеспечить значительную часть потребляемой энергии. В Архангельской области, где огромное количество отходов лесного производства, также ратуют за использование внешнего газоснабжения с Ямала. Арктические области, где используется в основном привозное жидкое топливо, обладает значительны потенциалом возобновляемых источников энергии. При этом получение энергии из возобновляемых

источников будет дешевле по отношению к использованию привозных топлив. То же самое относится к большей части Мурманской, Архангельской областей, Нижегородской области, Тверской, Псковской, Кировской и т.д.

Для энергоснабжения изолированных территорий оказалось достаточным использование маломощной генерации, в том числе на базе местных энергоресурсов. Ресурсный фактор становится важным элементом общей системы энергетического жизнеобеспечения геотерии, стимулируя не завоз извне дорогостоящего топлива, а максимальное использование собственных природных и вторичных производственных возможностей. Во многих случаях, использование для нужд энергоснабжения местных топливно-энергетических ресурсов, к которым относятся торф, попутный нефтяной газ, древесные и сельскохозяйственные отходы и отходы жизнедеятельности различных видов, оказывается более эффективным и с точки зрения энергетического баланса и инвестиций.

В нашей стране практически неисчерпаемые запасы возобновляемой растительной биомассы. В России сосредоточено более 50% мировых запасов торфа и 23-24% древесины. Именно на этой базе должна, во многом, строиться система развития распределенной генерации в нашей стране. В то же время значительное число территорий имеет большой потенциал возможного использования энергии солнца и ветра.

### **Технологии использования местных энергоресурсов геотерии.**

Положение дел в сфере энергетического оборудования ВИЭ для распределенной генерации в нашей стране достаточно подробно описано в литературе [2]. Поэтому в данном разделе остановимся лишь на новых технологиях использования биомассы и водорода.

1. **Энергетическая утилизация биомассы.** К биомассе относятся торф, древесные и сельскохозяйственные отходы, а также отходы жизнедеятельности различных видов. Энергетическая утилизация последних, в силу значительного урона, который наносят окружающей среде многочисленные хранилища данного вида отходов, рассматривается к настоящему времени в качестве одного из приоритетных направлений использования для энергетических целей различных видов биомассы. Промышленных технологий, которые бы позволяли производить эффективную энергетическую утилизацию иловых осадков сточных вод (то, что в быту называется канализационными стоками) и ППМ – (пометно-подстилочной массы), отходов крупного рогатого скота в мире нет. А, как известно, ресурсы данного вида сырья в стране значительны. Именно

поэтому энергетическая утилизация является приоритетным направлением снижения нагрузки на природное равновесие от отходов жизнедеятельности.

Однако, эффективных технологий получения электрической энергии из биомассы (в том числе из отходов жизнедеятельности) в установках сравнительно небольшой мощности для нужд распределенной энергетики не существует ни у нас в стране, ни за рубежом. Одним из решений проблемы является получение из биомассы энергетического газа с высокими теплотехническими характеристиками с последующим использованием в газопоршневых или газотурбинных установках для выработки электрической энергии.

К настоящему времени известны две технологии получения энергетического газа при термической переработке биомассы: газификация и пиролиз. При пиролизе (нагреве перерабатываемого материала без доступа окислителя) возможно получение энергетического газа с теплотворной способностью до  $5000 \text{ ккал/м}^3$ , побочными продуктами пиролиза является твердая и жидкая фаза. Теплота сгорания получаемой газообразной фазы не превышает 25% от энергии, аккумулированной в перерабатываемой биомассе. Оставшаяся энергия распределяется между жидкой и твердой фазами. С экологической точки зрения жидкая фаза пиролиза небезопасна, ее переработка, либо утилизация связана со значительным усложнением технологии и дополнительными затратами. Необходима разработка технологий получения сухого энергетического газа при термической конверсии биомассы. Недостатком всех автотермических технологий газификации являются низкие потребительские свойства получаемого газа: теплотворная способность не выше  $1300 \text{ ккал/м}^3$ , а адиабатная температура горения –  $1400^\circ\text{C}$ . Получаемый при газификации газ примерно на 50–60% состоит из водорода и окиси углерода, остальное – азот. При парокислородном дутье показатели улучшаются, но значительно возрастают капитальные вложения и эксплуатационные расходы. Использование газа с низкой теплотворной способностью в современных энергетических агрегатах, рассчитанных на высокие тепловые нагрузки, неэффективно. Для энергетического использования продуктов переработки биомассы необходимо осуществление процесса получения энергетического газа экологически безопасными методами, при этом получаемый газ не должен содержать жидкой фазы и иметь достаточный уровень теплотехнических параметров, обеспечивающий возможность его использования в современном высокоинтенсивном энергетическом оборудовании.

Подобным требованиям соответствуют разработки ОИВТ РАН по новому процессу конверсии биомассы с получением энергетического газа с калорийностью на уровне  $2500...3000 \text{ ккал/м}^3$  и адиабатной температурой горения  $1900...2000^\circ\text{C}$  [5].

## **2. Производство газа и жидких моторных топлив из биомассы.**

В ОИВТ РАН разработан процесс термической конверсии биомассы. В [5] приведены данные, полученные при переработке торфяных пеллет и различных сельскохозяйственных отходов. В принципе, газ, получаемый при этом, имеет аналогичный состав и на 90% состоит из смеси водорода и окиси углерода, приблизительно, в равных долях. Получаемый по разрабатываемой технологии газ является идеальной смесью для синтеза искусственных жидких топлив из биомассы.

Интерес к этой проблеме в мире значительный. Как известно, в ЕС готовится решение о частичном использовании к 2035-ому году биоавиакеросина в виде авиационного топлива. Технологии получения моторных топлив из биомассы развиваются быстрыми темпами в настоящее время. Сегодня речь идет не только о научных исследованиях, а о практическом использовании жидких моторных топлив из биомассы в различных типах двигателей. Сегодня уже объявлено, что все желающие могут в Осло заправиться биокеросином. У нас был уже пример, когда мы не среагировали на принятие определенных мер, направленных на изменение условий эксплуатации самолетного парка. Имеется в виду ограничения по сокращению шума от самолётных двигателей. Нас прекратили пускать в Европу, и мы были вынуждены поменять свой парк самолётов на самолеты импортные. Теперь готовится принятие решения об обязательном использовании биоавиакеросина. Это также может быть связано с достаточно неприятными для нас последствиями. Биоавиакеросин должен выпускаться в нашей стране также. Для этого, на первом этапе необходимо проведение исследований, результаты которых в дальнейшем смогут быть использованы для создания промышленного производства данного вида топлива в нашей стране.

Эти и многие другие примеры показывают, что эффективное использование местных ресурсов, в том числе и биоотходов, имеет важное значение не только для автономного энергоснабжения территорий, но и как промышленное производство новых видов продукции.

### **Накопители как средство интеграции производителя и потребителя в масштабах геотории.**

Развитие технологий и средств распределенной энергетики, в т.ч. возобновляемой (ВИЭ), используемых для построения энергетики геотории, должно проходить по пути создания гибридных энергокомплексов, в состав которых входят энергопроизводящие установки различных типов и устройства аккумулирования энергии. Гибридные

энергокомплексы (ветро-дизельные, волно-механические, солярно-тепловые) позволяют эффективно использовать различные местные энергоресурсы, такие как малые месторождения угля и газа, водные ресурсы и ВИЭ. Они могут дополняться и вторичными ресурсами – отходами промышленной деятельности, а также традиционными установками малой энергетики – дизельными, газопоршневыми, гидравлическими. При этом для комплексного использования различного вида ресурсов, преобразуемых затем в электричество и тепло, целесообразно применять накопители, которые позволяют значительно повысить эффективность и надежность энергообеспечения.

Задачи, которые ставятся перед разработкой систем аккумулирования энергии применительно к условиям нашей страны, отличаются от условий в Европейских странах. В отличие от западных аналогов микрогрида система распределенной генерации в нашей стране не может резервироваться удаленной сетью. У нас другие расстояния, при этом значительное число регионов страны являются энергодефицитными.

В этих условиях особая роль в энергетической инфраструктуре, как системной, так и местной, отводится различного рода накопителям энергии, как природным ГАЭС, так и промышленным аккумуляторам (газохранилищам, механическим, электромагнитным, водородным и прочим накопителям). Их роль в новой энергетике сводится не только к резервированию накопленной энергии при переменных графиках работы энергоустановок и потребителей, но и к возможностям регулирования режимов местных энергокомплексов (совместно с потребителями) для обеспечения их надежности и живучести. Системные накопители позволяют по-новому решать задачи межрегиональной и межгосударственной энергетической интеграции с использованием не только высоковольтных ЛЭП, но и газопроводов, транспорта энергии с помощью СПГ, жидкого водорода, угольных брикетов, а в будущем и путем перевозки аккумуляторов большой мощности.

Ориентация на перспективную инфраструктуру энергетики с накопителями позволяет использовать различные виды распределенной генерации с помощью новых видов энергии и типов энергетических установок.

Такие накопители, по сути, устраняют одну из главных особенностей электроэнергетики – непрерывность единого процесса выработки и потребления электрической энергии, превращая ее в обычный товар, который можно при необходимости складировать и поставлять потребителю по мере необходимости. Электрическая энергия перестанет быть обособленным товаром на общем энергетическом рынке, а станет внутренним процессом в общей схеме энергетической (энергоинформационной) жизнедеятельности дома, производства и геотории.

Использование накопителей позволяет существенно диверсифицировать не только вид используемой энергии, но и методы ее генерации и использования.

Существует три принципиально различные формы соединения производителей и потребителей электрической энергии в масштабах геотерии:

- розеточное подключение потребителей;
- использование аккумуляторных батарей, встраиваемых в бытовые электрические приборы и промышленные установки;
- развитие активных потребителей – поставщиков избыточной энергии.

Возможно, и даже вероятно, что в будущем все энергоснабжение потребителей определенной территории будет осуществляться либо через встроенные в единый технологический процесс накопители подобно сегодняшним бытовым аккумуляторам, либо через централизованные в масштабах городских и местных агломераций общие накопители энергии, позволяющие при этом использовать на стороне генерации различные энергоустановки. Такие схемы использования накопителей от различных энергоисточников для комплексного энергоснабжения городов начинают достаточно широко применяться в Японии [3]. На стороне же потребителей наиболее универсальным, удобным и управляемым окажется использование электрической энергии, которая сможет заменить у потребителя и газ и тепло и холод, обеспечивая комфорт в жилищах, экологически чистый транспорт и высокую производительность труда на производстве. В частности, активное внедрение электромобилей в городах и компактных геотериях позволяет полнее реализовать эффект не только заряда автомобильных аккумуляторов, но выдачу свободной энергии в сеть на зарядных станциях. Электрическая энергия будет интегрироваться с информационными потоками, а цифровизация позволит интегрировать энергоснабжение и энергопотребление в единый энерготехнологический и энергоинформационный комплекс на уровне геотерий. Только в такой интеграции и можно говорить об «умном доме», «умном городе», «умной геотерии».

К настоящему времени в мире существует значительное число разработок по созданию различных видов накопителей энергии. [4]. В первую очередь для этих целей рассматривается использование электрохимических аккумуляторов различных типов. Второе направление – топливные элементы, исследованием и разработкой которых занимаются многие исследовательские центры, в т.ч. в России. Несмотря на достигнутые результаты в обоих направлениях исследований и разработок, широкому их внедрению препятствует ряд проблем, связанных со сложностью систем управления и согласования и, пока еще, со значительной стоимостью установок. Более простым и дешевым способом

аккумуляции энергии представляются технологии водородного аккумулятора [5].

### **Водород в энергетике геотермии.**

Одним из качественно новых видов промежуточного энергоносителя, используемого в различных технологических схемах промышленности и в энергетическом секторе, является водород. Он является перспективным видом энергии не только в системах тепловой энергетики, а также в накопителях и топливных элементах.

Если особых проблем получения водорода за счет излишков производимой электроэнергии или в различных термохимических процессах, в т.ч. в процессах конверсии биомассы, и последующего хранения нет, то его дальнейшее использование в электрогенерирующих установках малой энергетики тормозится отсутствием надежных установок для получения электроэнергии при использовании водорода в качестве топлива. Это могут быть парогенератор, работающий на водороде, либо водородный двигатель, используемый в качестве привода генераторных установок [5]. В ряде организаций нашей страны ведутся исследования по созданию энергоаккумулирующих систем на водороде.

В настоящее время основным методом промышленного производства водорода является паровой реформинг природного газа с получением синтез-газа (смеси оксида углерода и водорода) и последующим удалением оксида углерода из синтез-газа путем его конверсии в диоксид углерода, который отделяется от получаемого водорода методом жидкофазной абсорбции. Этот метод хорошо отработан и находит широкое применение в химической промышленности. Однако реализация данного метода в энергетике требует достаточно больших затрат, при этом происходит образование больших количеств диоксида углерода.

Поэтому большое внимание уделяется разработке новых методов получения водорода с одновременным производством ценных химических соединений, рыночная стоимость которых компенсирует затраты на производство водорода. Одним из таких методов, реализация которого может иметь большое значение для нашей страны, является переработка попутного нефтяного газа конверсией легких парафиновых углеводородов (газообразных  $C_2-C_4$  или жидких  $C_5-C_{10}$ ), содержащихся в природном газе, в ароматические продукты на цеолитных катализаторах. Производимые таким образом ароматические углеводороды (бензол, толуол и ксилолы или БТК) находят широкое применение в нефтехимической промышленности.

Другим методом производства водорода одновременно с материалами, имеющими большой спрос на рынках, в том числе международном, является совместная переработка

различных видов биомассы с углеводородными газами (природным и попутными) с получением водорода и композита, состоящего из углерода биомассы и углерода перерабатываемых газов.

Процесс совместной переработки биомассы (древесины) и углеводородных газов с целью получения чистых углеродных материалов и водорода осуществляется в две стадии. На первой проводится термическая деструкция биомассы с получением пористой структуры органического угля, на второй происходит заполнение пористой углеродной матрицы углеродом природного газа с получением монолита с высоким содержанием углерода.

Использование данной технологии является перспективным при организации транспортировки попутного нефтяного и природного газов. Достаточно часто в мировой практике данная задача реализуется при использовании технология GTL (Gas to Liquid). Во многих случаях получение из природного газа жидкостей в непосредственной близости от мест добычи и дальнейшая его транспортировка в виде жидкого топлива, либо в сжиженном виде является более выгодным, чем перевозка непосредственно природного газа. По аналогии с существующей терминологией для процесса, разрабатываемого в ОИВТ РАН, может быть использовано выражение «природный газ - твердое тело» (Gas to Solid). Т.е. транспортировка природного газа в виде чистых углеродных материалов, получаемых в непосредственной близости от мест добычи с использованием отходов растительного происхождения, которые являются пористой углеродной матрицей для размещения углерода природного газа.

Данный процесс является комплексной технологией переработки природного газа с получением чистых углеродных материалов и водорода и может использоваться для целей водородной энергетики.

В данной технологии водород является сопутствующим продуктом при производстве углеродных материалов высокой чистоты. В отличие от известных технологий затраты на получение водорода в разрабатываемой технологии окупаются за счет одновременного получения углеродных материалов высокой чистоты. По существующим данным невостребованный спрос на данные углеродные материалы в металлургической промышленности Западной Европы составляет примерно 8-9 млн. тонн в год.

Новые композитные материалы, получаемые в данном процессе, обладают рядом свойств, которые позволяют их считать перспективными для использования в различных промышленных технологиях. В энергетике – это высококалорийное, экологически чистое топливо. В металлургии новый углеродный продукт позиционируется как заменитель

углеродных материалов, используемых в сталеплавильном, доменном производствах и в процессах прямого восстановления железа.

Приведенные примеры новых технологий позволяют рассматривать водород не только как энергетический продукт, но одновременно и как многокомпонентный товар, который может стать продуктом дополнительной переработки углеводородных ресурсов в замкнутом цикле – от запасов недр к производству высокотехнологичных продуктов. А вывоз этих продуктов с высокой добавленной стоимостью намного эффективен, чем вывоз сырья. Тем самым геотерия становится энерготехнологическим комплексом с развитием здесь адекватной научной, интеллектуальной и кадровой базы, а также соответствующей сервисной и социальной инфраструктуры.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Не умоляя ни в коей мере имеющийся в нашей стране опыт в сооружении централизованных систем энергоснабжения, следует признать, что к настоящему времени, в существующих экономических условиях во многих случаях системы распределенной энергетики обладают лучшими технико-экономическими параметрами по отношению к централизованным системам энергообеспечения.

Очень важно понять, что распределенная энергетика не есть единственный вариант развития будущего. В энергетике нет альтернатив: или – или. Просто надо представить, что мы переживаем новый энергетический переход – от исключительно централизованной топливной энергетики, которая составляла суть отраслевого экономического развития страны, к новой социально-производственной инфраструктуре развития России. При этом формируется новая сетевая структура с энергопромышленными территориальными центрами – оазисами, в которых на базе местных ресурсов развивается энергетика, являющаяся не просто обеспечивающей отраслью, а составной частью жизнедеятельности замкнутых региональных геотерий. А соответственно, и выбор конкретных видов и схем энергетики должен определяться их будущим.

## Литература

1. Зайченко В.М., Чернявский А.А. Сравнение характеристик распределенных и централизованных схем энергоснабжения. Промышленная энергетика № 1, 2016, стр. 2-8.
2. Антропов А.П., Батенин В.М., Зайченко В.М. Новые технологии распределенной энергетики. ТВТ, 2015, том 53, №11, стр. 111-116.
3. Инновационная электроэнергетика -21 /под ред. Батенина В.М.,Бушуева В.В., воропая Н.И. – М.:ИЦ «Энергия», 2017 – 584 с.
4. Бушуев В.В., Новиков Н.Л. Инфраструктурные накопители в энергетике – журнал «Энергетическая политика», 2020 - N10, стр.
5. Борзенко В. И., Дуников Д.О. Водородные технологии аккумулирования энергии. Международный Конгресс «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность» 27—28 октября 2015, Москва