

Текст: Николай Давыдов

Фото: Пресс-служба РАОС

Навстречу водородной экономике

Какие водородные технологии Росатом предлагает внешнему и внутреннему рынку



Вице-президент по маркетингу и развитию бизнеса АО «Русатом Оверсиз» Антон Москвин рассказал «Вестнику атомпрома» о целях и задачах Росатома в реализации пилотных водородных проектов, существующих рисках и способах их преодоления, а также о том, что происходит на внешнем и внутреннем рынке в условиях вероятной смены технологического уклада экономики.

— Антон Валерьевич, каковы приоритетные задачи Росатома в водородном проекте Сахалинской области?

— В проекте создания водородного производственного комплекса на Сахалине Росатом выступает сразу в трех ролях — девелопера, инвестиционного и технологического партнера. Здесь мы стремимся сформировать полноценный кластер для реализации разных проектов в области водородной энергетики, а точнее, водородной экономики: энергетика лишь одна из возможных отраслей применения водорода. Мы также планируем сформировать круг потребителей в транспортном секторе и промышленности. В апреле текущего года было заключено соглашение с правительством Сахалинской области и Министерством по развитию Дальнего Востока и Арктики о создании и развитии водородного кластера, но работа по запуску первых водородных проектов на Сахалине началась с подписания в 2019 году соглашения между Росатомом, ОАО «Российские железные дороги», АО «Трансмашхолдинг» и правительством Сахалинской области.

Мы договорились о реализации пилотного проекта применения водорода на железнодорожном транспорте. Предварительный анализ показал, что запуск проекта технически осуществим и может обеспечить вклад в климатическую программу Сахалинской области, в перспективе значительно сократив объемы перевозок с применением дизельных поездов. Необходимо отметить, что на первых этапах потребуются государственная поддержка. Прежде всего речь идет об использовании действующих бюджетных механизмов. Их немало: механизмы режима территорий опережающего развития, программы Минпромторга и других институтов развития. Рассчитываем также на перечень мер, который разрабатывается в рамках правительственного плана развития водородной энергетики в РФ. Задача следующей фазы — подготовка полноценного инвестпроекта, прохождение комитетов в Росатоме и затем выход на проектирование и строительство, запуск в эксплуатацию всей инфраструктуры для производства, транспортировки и хранения водорода. Это целый комплекс задач.

Не менее важный и перспективный проект на территории Сахалина — организация крупнотоннажного производства водорода в рамках кооперации с компанией Air Liquide. На первом этапе планируется производство порядка 30 тысяч тонн водорода в год; запуск

завода рассчитываем осуществить в конце 2024 года и выйти на регулярные поставки в 2025 году. Мы завершили проработку предварительного технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта и начали работу над полноценным ТЭО. Второй этап — реализация масштабного производства (до 100 тыс. тонн). Планируется развитие как внутреннего рынка потребления водорода на территории Сахалина, так и инфраструктуры и логистических решений для экспорта водорода в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Ко времени выхода на вторую очередь проекта рассчитываем на значительные объемы использования технологий Росатома. Но уже на первом этапе, на котором возможно применение решений таких отраслевых компаний, как «Атомэнергомаш», ТВЭЛ и других, ожидаем заказы на различное теплообменное, емкостное и прочее оборудование.

Отмечу, что предприятие Росатома АО «НИИ НПО «ЛУЧ» ведет разработку собственной технологии конверсии метана. Мы договорились с коллегами, что по мере готовности работ обеспечим применение этой технологии в коммерческих проектах.

Одним из значимых элементов технологической цепочки также станут технологии улавливания и утилизации углекислого газа для производства низкоуглеродного водорода, мы должны обеспечить их использование в своих пилотных проектах. На первых этапах планируем применять технологии Air Liquide для улавливания CO₂, а также решения российских партнеров для его утилизации.

— Рассматривается ли электролизная технология производства — для освоения «зеленой» специфики?

— На Сахалине выбор был сделан в пользу парового риформинга с дальнейшим улавливанием углекислого газа. Это решение во многом экономическое, продиктованное параметрами спроса на зарубежных рынках. Сейчас одна из важнейших задач для нас — выбрать эффективное решение для долгосрочной утилизации углекислого газа. В мире есть лишь несколько подобных пилотных проектов. Если говорить об электролизе, то в первую очередь надо упомянуть проект по производству водорода на Кольской АЭС. Говоря о сегментации водорода, мы считаем крайне важным исходить не из цветовой гаммы, а из понятия низкоуглеродности производства, характеризующегося объемом выбросов углекислого газа на единицу произведенного водорода. Многие страны в своих формальных документах сегодня придерживаются именно этого подхода. Такой подход должен также обеспечивать технологический нейтралитет при определении источников энергии для производства водорода. Только так мы сможем обеспечить наиболее эффективную производственную базу для новой водородной экономики.



Проект строительства завода по производству водорода на острове Сахалин

Остров Сахалин — уникальное место для организации производства водорода, локализации лучших технологий и реализации коммерчески эффективного экспортного проекта

Ключевые параметры проекта

- Производство низкоуглеродного водорода методом паровой конверсии метана с улавливанием CO₂ как для локального потребления, так и для экспорта
- Объемы: 30 000 тонн водорода в 2024 году и до 100 000 тонн в 2030 году
- Инвестиционный и технологический партнер — компания Air Liquide

Преимущества площадки на о. Сахалин



Поддержка на уровне правительства области



Близость к рынкам сбыта (страны АТР)



Доступ к ресурсам, наличие природного газа



Наличие инфраструктуры. (глубоководный порт Корсаковский)



Политика региона по достижению углеродной нейтральности

— Есть ли другие водородные транспортные проекты с участием Росатома помимо запуска водородных поездов на Сахалине?

— Сейчас у нас подписаны два соглашения с ведущими автопроизводителями — ПАО «КАМАЗ» и «Volvo Group Россия», а также с Корпорацией развития Дальнего Востока и Арктики и Корпорацией развития Сахалинской области, которые создают возможности для развития экологичного транспорта на водородных топливных элементах и сопутствующей топливозаправочной инфраструктуры на Сахалине. КАМАЗ представил образцы техники на водородных топливных элементах, первая партия транспортных средств может быть выпущена уже в 2023 году, после прохождения сертификации. К этому моменту должны быть готовы и заправочные комплексы, для чего могут быть привлечены ресурсы Росатома.

— Известно, что другие вызовы — это огромная летучесть, агрессивность и взрывоопасность водорода, поэтому транспортировка крупных объемов водорода также сложна. Как планируется решать эти задачи?

— Одной из шести ценностей Росатома является безопасность, и ей уделяется самое пристальное внимание. Вопросы транспортировки водорода мы сейчас прорабатываем с японской стороной; один из вариантов — перевозка сжиженного водорода на специальных судах. Для этого понадобится создать всю необходимую инфраструктуру, включая специализированный морской терминал и танкерный флот, обеспечить производственные мощности по сжижению водорода. Совместно с японскими партнерами мы рассмотрели различные сценарии и сейчас финализируем наши результаты.

Также мы изучаем возможность транспортировки водорода в химически связанном виде, например в форме аммиака. Эти технологии уже отработаны, а аммиак представляет самостоятельную ценность. Например, он служит основой минеральных удобрений, а его мировое производство достигает сотни миллионов тонн. Хотя пока рынок «зеленого» аммиака, в отличие от «голубого», при котором используется органическое топливо, еще не сформировался, он обладает большим потенциалом. Спрос на эти продукты в Азиатско-Тихоокеанском регионе растет, и мы также заинтересованы в развитии этого направления.

— Расскажите про развитие водородных технологий в регионе расположения Кольской АЭС.

— В регионе, где находится Кольская АЭС, на западе России, может быть создан полноценный водородный кластер. Концерн «Росэнергоатом» ведет работы по созданию производства водорода с применением электролизеров компании «Центротех», которая входит в структуру ТК «ТВЭЛ». Считаю, что в будущем на базе Кольской АЭС может быть создан крупный центр по производству низкоуглеродного водорода для локальных и экспортных целей.

Одним из перспективных направлений применения водорода видим запуск водороботов для пассажирских перевозок в регионе, что обеспечит спрос на водород еще на раннем этапе развития кластера. При этом приоритетные для Кольской АЭС рынки сбыта — это, безусловно, экспорт в страны Евросоюза, а также использование водорода для целей декарбонизации промышленных предприятий Мурманской области.

Мы можем поставлять водород на экспорт в качестве сырья либо в составе востребованных синтетических соединений, которые пользуются спросом на европейских рынках. К слову, несмотря на отказ некоторых европейских стран от использования атомной энергии, мы находим в Европе надежных партнеров, которые заинтересованы в применении водорода, произведенного с помощью электроэнергии АЭС.

— Приоритетом является все-таки производство водорода для экспорта или внутреннего потребления?

— Эти процессы взаимосвязаны, внутренний рынок — основа для развития экспортных проектов. Важно определить и занять новые ниши. На наш взгляд, первым получит развитие транспорт. Следующим масштабным внутренним рынком станет промышленный сектор. У нас уже подписано соглашение с крупнейшим металлургическим холдингом «Металлоинвест», который выбрал стратегию декарбонизации своих предприятий и для этих целей планирует использовать низкоуглеродный водород. Сейчас мы ведем проработку предварительного ТЭО проекта, в который активно вовлечен электроэнергетический дивизион Росатома. Рассматриваются разные варианты производства водорода для нужд промышленных предприятий, в том числе электролиз в тандеме с электроэнергией АЭС. Объемы производства водорода для локальных нужд металлургических предприятий могут быть сопоставимы с объемами экспортных поставок. Госкорпорация может выступать в таких проектах в роли инвестора и поставщика водорода. Важным элементом нашей стратегии является реализация совместных проектов за рубежом, где рынок сейчас более развитый и пользуется государственной поддержкой.

В Европе сейчас активно приветствуются различные экологические программы и проекты с использованием водорода с минимальным углеродным следом. Это создает хорошие условия для отработки компетенций в инжиниринге и девелопменте проектов, что поможет Росатому выступить в дальнейшем в роли поставщика технологий, особенно в тех проектах, где госкорпорация также является инвестором. Первым из таких проектов может стать производство «зеленого» водорода для нужд одного из европейских нефтеперерабатывающих заводов. В зарубежных тендерах определяющим критерием при выборе поставщика является уровень выбросов углекислого газа на объем продукции — выбор делается в пользу решений с низкоуглеродными показателями. С одной стороны, это требует более высоких капитальных вложений, но при

«Внутренний рынок — основа для развития экспортных проектов. Важно определить и занять новые ниши. На наш взгляд, первым получит развитие **транспорт**. Следующим масштабным внутренним рынком станет **промышленный сектор**. У нас уже подписано соглашение с крупнейшим металлургическим холдингом «Металлоинвест», который выбрал стратегию декарбонизации своих предприятий и для этих целей планирует использовать низкоуглеродный водород. Сейчас мы ведем проработку предварительного ТЭО проекта, в который активно вовлечен электроэнергетический дивизион Росатома. Рассматриваются разные варианты производства водорода для нужд промышленных предприятий, в том числе **электролиз** в тандеме с электроэнергией АЭС. Объемы производства водорода для локальных нужд металлургических предприятий могут быть сопоставимы с объемами экспортных поставок. Госкорпорация может выступать в таких проектах в роли инвестора и поставщика водорода. Важным элементом нашей стратегии является реализация совместных проектов за рубежом, где рынок сейчас более развитый и пользуется государственной поддержкой»



Пилотный проект водородного поезда на острове Сахалин

Цель проекта — организация ж/д сообщения с использованием поездов на водородных топливных элементах на острове Сахалин

2019 год — подписание соглашения о сотрудничестве и взаимодействии по проекту

2024 год — ввод В-поезда в эксплуатацию

Участники

Росатом, РЖД, ТМХ, правительство Сахалинской области



2 водородные заправки — в Южно-Сахалинске и Холмске



7 водородных поездов — 5 двухвагонных и 2 трехвагонных

224 т/год

предполагаемая потребность в H₂

305 км

среднесуточный пробег поезда

243 000 чел.

пассажиропоток в год

630 000 км

общий пробег парка в год

- Пилотный проект в Российской Федерации
- Вклад в климатическую программу Сахалинской области
- Отработка использования водородных технологий на железнодорожном транспорте

Проект по производству водорода на Кольской АЭС

Ключевые параметры проекта

- Планируется сооружение **стендового испытательного комплекса (СИК)** по производству водорода и обращению с ним, а также **системы сжатия или сжижения и транспортировки**
- **Мощность СИК:** 1 МВт (возможность расширения до 10 МВт)
- **Свободная мощность** Кольской АЭС: 200 МВт, потенциал производства водорода — до 30 тыс. тонн
- **Срок ввода в эксплуатацию:** 2023 год
- **Потребление:** локальные проекты в РФ, включая декарбонизацию промышленных предприятий; экспорт в страны ЕС
- Кольская АЭС располагает 4 реакторами ВВЭР-440 мощностью 440 МВт каждый
- **КИУМ** — 60,9% (2020 год)
- На СИК предполагается размещение **электролизеров НПО «Центротех»** (входит в контур управления Топливной компании «ТВЭЛ»)
- **Этап масштабирования** — производство синтетических видов топлива на водородной основе в кооперации с немецкими партнерами



этом инвестор готов компенсировать до 60% капитальных либо операционных затрат, если в результате будут достигнуты цели декарбонизации их производства. Это колоссальная поддержка для компаний, работающих на этом рынке, которая говорит о том, что климатические цели сегодня ставятся во главу угла.

— Какие риски подстерегают на водородном пути развития экономики?

— Есть множество рынков, как внешних, так внутренних. Первый вызов — подтвердить прогнозы, которые эксперты делают в отношении водородной энергетики. В целом высока вероятность, что они сбудутся, если придерживаться базового сценария. Уже выделены значительные инвестиции в эту отрасль, и многие страны пошли по пути развития водородной экономики. По нашим оценкам, в ближайшее десятилетие заданная динамика развития рынка будет сохраняться. В Европе уже сделаны огромные вложения в НИОКР, создается инфраструктура для транспортировки водорода через трубопроводы. Проекты в этой области должны выйти на окупаемость уже через 10–15 лет. Сегодняшние лидеры водородного рынка, такие как США, Япония и ряд стран Европы, десятилетиями получали поддержку для развития технологий и реализации пилотных проектов в сфере водородных технологий, России же предстоит еще многое сделать в этом направлении. Тем не менее на федеральном уровне сейчас прорабатываются программы поддержки этого сектора, регионы также могут стимулировать развитие водородных технологий на своей территории.

На ближайшем этапе для себя мы видим риски, связанные с конкуренцией в программах экспорта: могут появиться сильные игроки с низкими базовыми затратами. Например, Австралия, Бруней, Саудовская Аравия планируют поставки в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. В то же время у России, благодаря географическому расположению, есть большие преимущества с точки зрения логистики для перевозок водорода на европейские и азиатские рынки. С точки зрения технологических рисков следует принимать во внимание требования некоторых стран к «цвету» (то есть к технологии производства) водорода. Несмотря на то, что технология конверсии метана с улавливанием углекислого газа сегодня соответствует критериям экологов, ряд стран намерены использовать исключительно метод электролиза, что создает определенные ограничения. Это более дорогостоящая технология, и в этом случае европейская ветроэнергетика и солнечная генерация Ближнего Востока могут составить конкуренцию России.

Тем не менее такие страны, как Япония и Южная Корея, формируют программы с использованием «глубокого» водорода. В приоритете — низкоуглеродный водород по доступной цене. Важная задача, стоящая сейчас перед Росатомом, — занять позиции на этих рынках, встроиться в международные цепочки поставок, получить необходимый опыт, понять нужды и реальные объемы спроса и развивать технологии исходя из потребностей рынка.

— **Каковы перспективы высокотемпературных реакторных технологий, есть ли им место в планах? Какова в целом политика Росатома в расчете на роль вендора технологий?**

— В Росатоме исторически сформирован научно-технологический задел в сфере использования реакторных технологий для решения промышленных задач. Мы уже провели анализ рынка и достигли взаимопонимания с разработчиками по целевым показателям, технологическим и коммерческим параметрам по всей линейке оборудования, которое уже нами освоено. В целом они выглядят конкурентоспособными на мировом рынке и даже опережают наших конкурентов по некоторым позициям.

«Мы параллельно разрабатываем и электролизеры, и установки паровой конверсии метана, так как обе производственные цепочки имеют спрос на рынке»

Сейчас краткосрочная задача — вывести на рынок технологии и оборудование текущего технологического уклада. Помимо установок паровой конверсии метана и электролизеров, это емкости для хранения и транспортировки водорода, водородные топливные элементы для транспортного сектора. Более амбициозная задача — предложить рынку и отработать новые технологии, которые будут конкурентоспособны в будущем. Это пиролиз, высокотемпературный электролиз и различные решения в области топливных элементов.

Так, мы активно работаем над созданием высокотемпературного реактора с газовым охлаждением (HTGR), который позволит нам значительно снизить затраты на производство водорода. К особенностям высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов, стимулирующих их применение в качестве энергоисточника при конверсии природного газа в водород, относят возможность генерации высокотемпературного тепла, передаваемого в технологический процесс, модульную конструкцию реактора, высокий уровень безопасности и маневренности.

До конца года мы рассчитываем провести глубокую проработку технологической стратегии на долгосрочную перспективу, в которой будут сформулированы приоритеты текущей программы и заделы на последующее опережение. Значительную роль в этом процессе будут играть программы технологической кооперации с российскими и зарубежными организациями, научными и инженеринговыми центрами, организациями Российской академии наук, Курчатовским институтом и другими.

Текст: Константин Мольцев

Фото: Пресс-служба ЦКНТИ «Технологии новых и мобильных источников энергии»



Атомный водород

Искать возможности, находить решения

С вопросами о перспективах водородной отрасли в России и мире, о роли Росатома в становлении нового технологического уклада, ожидаемых преимуществах и возможных рисках «Вестник атомпрома» обратился к одному из ведущих специалистов в области водородных технологий, руководителю Центра компетенций национальной технологической инициативы «Технологии новых и мобильных источников энергии», доктору химических наук Юрию Добровольскому.

— Юрий Анатольевич, в августе этого года правительство РФ утвердило Концепцию развития водородной энергетики. Привносит ли этот документ какие-либо изменения в работу, которая уже развернута в Росатоме и других компаниях в рамках их водородных программ?

— Работа во многих компаниях началась раньше принятия Концепции и других программных документов. Напомню, водород нашел место в обновленной Энергетической стратегии 2020 года, в октябре прошлого года принят план до 2024 года (дорожная карта), готовится Стратегия по развитию водородной энергетики. В последний год крупные компании активно интересуются водородом, поскольку в их интересах сохранение и усиление рыночных позиций. Экспортеры убедились в неизбежности трансграничного углеродного налога, который придет в 2026-м, единственный способ избежать его — это «озеленить» производство. Вся нефтегазодобыча и переработка связаны с выбросами углекислого газа и метана, которые придется снижать, но теперь уже и внутреннее использование водорода в процессах переработки компаниям стало интересно. Поэтому большинство крупных компаний имеют или готовят водородные программы. Так, на днях была озвучена стратегия Газпрома — некоторые оценки в ней пессимистичны

по датам, но изначально консервативная позиция уже в прошлом.

Интересы крупных игроков различны, поэтому подготовку федеральных документов сопровождали споры, и полученная Концепция — это компромиссный вариант между разными точками зрения. Исключены полярные позиции — и что водородом заниматься незачем, и что незачем заниматься чем-либо, кроме водорода. Установлено, что развивать надо и экспортные возможности, и внутренний спрос; что найдется место и традиционным поставщикам энергии, и новым игрокам. По всем позициям удалось найти золотую середину. Но как раз золотая середина мало кого устраивает — все стороны недовольны, поскольку победила не их «единственно правильная» позиция, а компромисс.

В Концепции можно выделить несколько частей: производство водорода, стратегия экспорта и внутреннего потребления, хранение и транспортировка, создание новых рынков для отраслей, которые могут пострадать от углеродного налога. Лидирует в идее экспорта, пожалуй, именно Росатом: его проекты и на Сахалине, и на Кольском полуострове ориентированы преимущественно на внешнего потребителя. Выделены организационные ресурсы, некоторые проекты вышли на стадию ТЭО. Понятно, что в крупных компаниях и корпорациях эти и другие проекты развиваются неторопливо — но в целом видно, что альтернативных путей нет.

Кроме того, в Концепции обозначен новый рынок — «зеленая» металлургия. Многие российские металлургические производства уже чище европейских, но «голубоваты» в энергопотреблении и поэтому пытаются найти ниши «озеленения», в том числе водород. Лидером по развитию таких проектов выделяет «Металлоинвест», но и другие, например «Северсталь», формируют ТЭО.

Более-менее близки к реализации проекты в сфере транспорта: они начали развиваться до формирования Концепции. Это связано с тем, что на сегодняшний день водородный транспорт уже просчитывается как экономически выгодный даже без учета углеродных налогов, и этот сегмент рынка сможет приобрести большие объемы водорода уже в ближайшем будущем. Российскими лидерами в разработке водородных транспортных средств выступают НАМИ (водородный AURUS), КАМАЗ: они заблаговременно начали разработку транспортных средств, уже демонстрируют опытные образцы. Другие автомобильные компании, меньшего масштаба, также включаются в разработки.

Для водородного автотранспорта сложности связаны с инфраструктурой заправок. По стоимости эта сеть проигрывает электрозаправкам, и, по большому счету, именно это лимитирует приход водорода в транспортную сферу. Проекты создания заправок сетей сложны, они включают и производство, и транспортировку, но целый ряд компаний интересуется

такими решениями. Нефтегазовые компании свою нишу ищут именно в заправочном сегменте, типичный пример — «Газпром нефть», которая стремится выйти на снабжение будущего проекта водородного транспорта Москвы. Полагаю, что развитие водородного транспорта в столице резко ускорится, когда определит свою позицию Департамент транспорта. Уже есть меморандумы Роснано, КАМАЗа, правительства Москвы по производству пассажирских водородных автобусов, но конкретные цифры еще не определены. Опять же идет проработка, обсуждение концепции, ТЭО и так далее.

Активно действует ОАО «РЖД»: там рассматривается несколько проектов по подвижному составу, вариантам электрификации магистралей с использованием водорода и в целом возобновляемой энергетики. РЖД участвует в совместном проекте с Росатомом на Сахалине. Высшее руководство железных дорог действительно весьма интересуется тематикой «озеленения» их отрасли, чему лично я получил подтверждение: на выступление мне дали 20 минут сверх регламента, что случается на совещаниях железнодорожников очень редко. РЖД тоже не самая быстрая система, но они заинтересованы в развитии ВЭИ (например ветрогенерации) в зонах вдоль крупных магистралей, таких как Транссиб: это возможность создать генерирующие мощности, производить водород для собственных нужд, транспортировать его.

Словом, водородная энергетика, а точнее, водородная экономика (потому что водород меняет структуру в целых производственных отраслях, а далеко не только в энергетике) формируется, но причина этому не влияние федеральных программ, а общее направление развития в мире. Значимый для нас фактор развития заключается в том, что часть руководства страны, эксперты министерств и крупных компаний убедились: водород действительно наступает, и пора предпринимать активные шаги. В дорожной карте, принятой осенью 2020 года, бюрократы немало срезали из более прогрессивного варианта, но концепция августа 2021 года написана уже более инженерно. Можно рассчитывать, что Стратегия будет совсем техническим документом — разработкой не менеджеров, а экспертов-технологов.

— **Насколько предсказуем успех проектов Росатома — и Сахалинского, и Кольского?**

— Комплексные проекты Росатома, особенно Сахалинский, выглядят масштабно. Если рассуждать о рисках, они просматриваются прежде всего в синхронизации усилий других участников проектов — смогут ли различные большие компании согласовать и одновременно реализовать все проекты, что сегодня представлены в презентациях.

Настороженность вызывают сроки, суммы и масштаб, которые озвучиваются. Хотелось бы увидеть задуманное воплощенное в реальности: если эта работа будет выполнена, то получится один из красивейших в мире проектов. Хотя не радует то, что сегодня

~9,7 млн тонн

водорода всех типов потреблялось в Европе в 2020 году

40 ГВт

мощностей электролизеров планируется ввести в Европе до 2030 года

10 млн тонн в год

планируемый прирост производства водорода на электролизерах в Европе до 2030 года

на Сахалине планируется использовать большие объемы импортных технологий. Понятно, что это снижает риски и ускоряет сроки реализации, но нам нужно развивать российскую промышленность, тем более что именно эта цель — найти место российским разработчикам и изготовителям оборудования — отражена в федеральных документах. Понятно, что у нас нет в настоящее время таких игроков, которые могут обеспечить заданные требования, поэтому для выдерживания сроков и снижения рисков Росатом вынужден задействовать импортных поставщиков, готовых гарантировать результат.

Кольский проект также выглядит убедительно, но есть проблемы — не в технологиях электролиза и их дороговизне (эти факторы не определяющие), а в транспортировке водорода. Избыточные мощности, которые сегодня есть в регионе, не настолько велики, чтобы создать перспективный кластер для производства водорода, — хотя их более чем достаточно для отработки технологий и экономических моделей. Главная сложность Кольской площадки, которая вроде бы близка к Европе, — это удаленность от инфраструктуры. Если Сахалин может быть связан морским транспортом со всеми огромными рынками Азии, а также через Севморпуть с Европой, то Кольская АЭС дальше от готовых маршрутов, и проблема не столько в получении водорода, сколько в его хранении и транспортировке. Для Кольского региона проблема сбыта не является неразрешимой, можно рассмотреть много вариантов помимо экспорта.

Возможно, именно сбыт водорода для внутренних потребностей может стать основой для экономики этого проекта, тем более что цель площадки сейчас — именно отработка технологий. Наверное, для производства водорода следует рассмотреть сочетание ВИЭ (в регионе активно развивается ветрогенерация) и атомной генерации. Для сбыта водорода за пределы региона потребуются создание транспортной инфраструктуры. Самая дешевая транспортировка — по трубопроводам, однако оператором этих систем выступает наша газовая монополия. Есть спорные вопросы из сферы материаловедения: можно ли и в каком количестве добавлять водород в магистральные газопроводы. Это все тоже решается, но, полагаю, что пробиться в газопроводы со своей продукцией и иметь независимую роль будет сложно. Не исключено, что перспективнее найти другие решения для накопления и транспортировки. Например, учесть то, что при низком давлении водород хранится безопасно, долго и дешево. Возможно, следует рассмотреть строительство специализированного газопровода для отгрузки на водный транспорт — крупнотоннажные поставки на судах сейчас наиболее перспективный метод транспортировки. Также водород может быть эффективным топливом для бункеровки самих судов.

Есть еще одна нерешенная проблема для экспорта водорода с Кольской АЭС. Эта площадка расположена близко к Европейскому союзу, одному из привлекательных рынков. Но в некоторых странах Европы существует огромное сопротивление тому, чтобы

энергию АЭС признавать зеленой наравне с ВИЭ, и такое же отношение переносится на «оранжевый» водород. Сложно оспаривать низкоуглеродность атомной энергии, но сопротивление ядерным технологиям в целом остается. На мой взгляд, Росатому в связке с Министерством иностранных дел РФ, экономическими и энергетическими министерствами важно сконцентрировать усилия на лоббировании интересов ядерных технологий за рубежом. Тем более что для этого есть и союзники — так, Франция в полемике с Германией отстаивает позиции ядерной отрасли; контакты выстроены на уровне профильных энергетических ведомств, участвуют сотни экспертов. Российский голос в европейской энергетической полемике формально представлен, но это лишь несколько человек, и скорее дипломаты, чем эксперты от энергетики. Чтобы действительно заложить основу для присутствия атомной энергетики в водородной повестке, Росатому нужно включаться в этот огромный пласт работы. Иначе, получив «оранжевую» окраску, атомный водород можно будет направлять лишь на часть рынков, также ожидая дискриминации, либо на внутреннее потребление.

Но, если сбыт в Европу с Кольской площадки проблематичен, можно рассмотреть возможность поставок в Санкт-Петербург, этот мегаполис с высокой степенью вероятности станет после Москвы вторым по значимости регионом, где будет тестироваться водородный уклад экономики. Как обеспечить транспортировку продукции — вопрос открытый; полагаю, надо оценить внутренние водные маршруты и возможности строительства трубопровода до терминала. Так, расстояние от Полярных Зорь до Кандадакши, где есть глубоководный круглогодичный морской терминал с выходами на Севморпуть и в Беломорско-Балтийский канал, меньше 25 км — это вполне решаемый вопрос.

— Можно ли рассчитывать на водород как источник накопления энергии в больших количествах — для балансирования выработки, с направлением его на специализированную турбину для генерации в моменты максимума?

— Что касается водорода как способа хранения энергии, это не лучший способ — аккумуляторы выигрывают в КПД; есть и технические проблемы высокотемпературного горения водорода, но поиск качественных решений идет. В целом водород как продукт сегодня не столь актуален для большой энергетики, это скорее возможность «озеленения» всей экономики. Основные проекты ожидаются не в электрогенерации, а в энергопотребляющих производствах: металлургии, стекольной промышленности, производстве цемента и удобрений, даже в нефтехимии. По всей видимости, именно ставка на эти задачи позволит и выстроить экономику самих водородных проектов, и сделать максимально весомый вклад в климатическую повестку.

Впрочем, в электроэнергетике есть области, где использование водорода выгодно. Прежде

«Водородная энергетика, а точнее, водородная экономика — потому что водород меняет структуру в целых производственных отраслях, а далеко не только в энергетике — формируется, но причина этому не влияние федеральных программ, а общее направление развития в мире. Значимый для нас фактор развития заключается в том, что часть руководства страны, эксперты министерств и крупных компаний убедились: водород действительно наступает, и пора предпринимать активные шаги»

всего — балансирование систем с большой долей ВИЭ, работающих циклично. На Сахалине, возможно, возникнет интересное сочетание газовой и ветрогенерации с водородом (это, как я отметил, актуально и для Кольского проекта). И хотя аккумуляторное хранение энергии имеет более высокий КПД по сравнению с водородом (65% против 50%), водород хранить выгоднее. По большому счету аккумуляторы и водород и в электроэнергетике, и в транспорте — это взаимодополняющие проекты. Если нужно «спрямлять» генерацию во время безветрия в коротких циклах, то нужны аккумуляторы; если циклы длительные — лучше, безусловно, водород. Так же и в транспорте, где в развитой инфраструктуре выигрывает аккумулятор, а на длинном плече перевозок — водород.

Для нужд энергосистем сегодня более перспективным видится масштабирование производства топливных элементов. Они пока сравнительно дорогие, но по эффективности преобразования уже превосходят турбину, предпочтительны по экологическим параметрам, не предполагают высокой температуры и давления — то есть дешевле и проще в эксплуатации. Полагаю, что для Кольского полуострова с его холодным климатом накопление водорода будет актуально для обогрева, при использовании в качестве топлива для котельных. Тогда, действительно, накопленные в теплое время запасы можно будет расходовать зимой. Технологии длительного хранения водорода имеют огромный, десятикратный запас для снижения стоимости — если аккумуляторные технологии и технологии топливных элементов более-менее достигли своего предела, то здесь есть большие возможности. Кроме того, по прогнозам за 5 лет

электролизеры тоже должны упасть в цене за счет массовости производства (хотя пока цена растет в силу возросшей потребности: пилотные проекты водородной энергетики вызвали спрос, а производство не успевает).

— Какие «лакуны» производственных цепочек Росатом может решить своими силами либо в кооперациях?

— Их много, но следует учитывать следующий фактор. В силу исторических причин и особенностей деятельности Росатом склонен замыкаться на собственных компетенциях. В атомной отрасли они бесспорны, но в водородной тематике лидеры ушли далеко вперед. Надо более комплексно смотреть на задачу, не нужно воспринимать водород как повод загрузить свои производства с заделами 1960-х. А нужно создавать новые кооперации и новые производства. Самым простым путем была бы локализация импортных технологий, но для водорода в ближайшее время это сложно, поскольку все занимается построением водородной экономики, и оборудование заказано на годы вперед. И, пожалуй, не стоит форсировать локализацию и масштабирование производства, рынок сбыта лишь возникает и его емкость и структуру невозможно оценить. Хотя и сидеть в ожидании не следует — по крайней мере до 2026 года все цифры понятны, можно действовать в доступном масштабе. Другой аспект в том, что деятельность Росатома — это «двойное назначение», есть риск попасть под действие списков нераспространения, не говоря уже о политических рычагах. Если даже на рынках нефтегазового сырья этот инструмент используется, тем более он будет применен в этом

Для достижения «зеленым» водородом стоимости, равной стоимости «серого» водорода, к 2050 году в Европе необходимо:

~\$50 млрд

инвестиции

65 GВт

ввод мощностей электролизеров

случае, когда конкуренция обострится. Поэтому надо создавать российские кооперации, и эту задачу в Росатоме тоже решают, но это сложно: скорее, пока видны попытки опереться на внутренние ресурсы госкорпорации. Впрочем, потихоньку точка зрения крупных компаний, корпораций меняется: идет поиск хотя бы мелких фирм, которые производят что-то в этой области. Кроме того, действительно может сложиться непрофильный бизнес, опирающийся не на атомную генерацию и специфические компетенции, а на широкий спектр возможностей.

— Следует ли полагать, что в таком случае перспективно создание «песочницы» для отлова инноваторов водородной тематики?

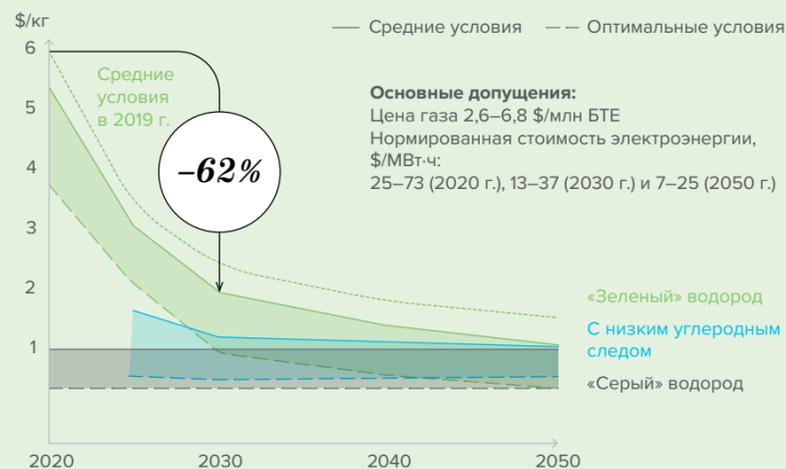
— Водородная энергетика сегодня пока еще не для инноваторов: «песочницы» и акселераторы нужны, когда надо совершенствовать известный процесс. Сейчас нужна работа по накоплению исковых компетенций. В России они сконцентрированы в академической среде и намного меньше в производствах. Мы в демонстрационном центре компетенций НТИ пытаемся выстраивать этот мостик, связать живые и активные островки. Получается диалог и с Росатомом, но есть много возможностей сделать работу динамичнее. Понимая специфику госкорпорации, думаю, что должны выстраиваться кооперации внутренних организаций и предприятий Росатома с мелкими разработчиками и производителями — электролизерами, топливных элементов и так далее. Госкорпорация в целом, и особенно ТВЭЛ, делают шаги в этом направлении. Я хорошо вижу это, поскольку сам работаю с этими мелкими производителями.

— Есть ли смысл сосредоточиться на высокотемпературных реакторах для промышленного производства водорода в альянсах с сегодняшними добывающими компаниями?

— Метод паровой конверсии с возможным использованием тепла атомных установок имеет существенный недостаток — выбросы углекислого газа, что не будет одобрено мировым сообществом. Термолиз, предполагающий более сложный энергонапряженный процесс, будет давать в отходы чистый углерод: его захоранивать легче, чем двуокись, но опять же мировая ситуация складывается так, чтобы уйти в целом от углеводородного сырья, и не важно, есть ли при этом выбросы в атмосферу. В этом нет никаких теорий заговора, но есть все основания считать, что Запад действительно определился с новым технологическим укладом. И если мы сохраняем европейский вектор развития, то должны встраиваться в общую концепцию. По всей видимости, к 2050 году большая часть водорода будет «зеленой», а углеводороды будут вытесняться все больше. Поэтому решения с термолизом, паровой конверсией если и следует рассматривать, то лишь на перспективу двух-трех десятилетий. Но, обосновав экологичное будущее атомной генерации, этот коридор возможностей можно открыть. Также можно искать другие пути. Например, есть весьма интересный метод высокотемпературного электролиза на твердооксидных топливных элементах: если на электролизер подать дополнительное тепло, то его условный КПД относительно электричества вырастет больше 100%. Нагрев требуется на уровне 600–800 °С, так почему бы не использовать для этого ядерную энергию?

Производственная себестоимость водорода

Источник: Hydrogen Insights Report 2021 Hydrogen Council, McKinsey & Company



«Зеленый» водород

Система ВИЭ/электролизер
Полностью гибкое производство
Масштабирование производства «зеленого» водорода
Дополнительные затраты для достижения конечной цены поставки

Водород с низким углеродным следом

Разработка трубопроводов CO₂ и объектов с возможностью масштабирования
Рост производства водорода с низким углеродным следом
Расширение использования технологии улавливания и хранения углерода в других областях помимо производства водорода

Вектор чистой энергии

Международное энергетическое агентство опубликовало Global Hydrogen Review 2021. МЭА признает темпы развития водородных технологий недостаточными и призывает в полную силу использовать потенциал водорода для создания устойчивой энергетической системы и достижения целей по нулевым выбросам к 2050 году

H₂

В настоящее время, говорится в докладе, водород производится почти исключительно из ископаемого топлива. Но есть и признаки прогресса. Так, мировые мощности электролизеров за последние пять лет увеличились вдвое. Водород является ключевым элементом декарбонизации в промышленности, и хотя большинство технологий все еще находится в стадии разработки, уже делаются серьезные шаги по их внедрению. Разрабатываются или уже запущены пилотные и демонстрационные проекты с использованием водорода, произведенного с использованием источников с низкой эмиссией CO₂ (далее — низкоуглеродный водород) в разных областях, таких как производство стали, аммиака, цемента, керамики, стекла, а также проекты по использованию водородного топлива в железнодорожном транспорте, судостроении и авиации.

Однако усиление роли низкоуглеродного водорода в процессе перехода к чистой энергии требует изменений в создании спроса. И правительства уже обсуждают использование широкого спектра инструментов, включая плату за выбросы, квоты и требования в области государственных закупок. Быстрое и повсеместное принятие таких мер могло бы значительно увеличить спрос, однако главным препятствием для

низкоуглеродного водорода является разрыв в цене с водородом, получаемым из ископаемых видов топлива. В настоящее время производство водорода из ископаемого топлива является самым дешевым вариантом в большинстве регионов мира, но для производства «зеленого» водорода существуют значительные возможности по сокращению производственных затрат за счет технологических инноваций и расширения масштабов внедрения.

МЭА считает, что низкоуглеродный водород может стать конкурентоспособным в течение следующего десятилетия. Однако без решительных политических действий этот процесс не будет происходить в темпе, необходимом для достижения климатических целей. В качестве ключевых мер для расширения масштабов использования низкоуглеродного водорода МЭА называет стимулирование спроса, увеличение инвестиций в создание производств и инфраструктуры, развитие глобального водородного рынка, ускоренное внедрение инноваций, более тесную координацию международных инициатив.

Основные цифры из доклада МЭА и характеристики национальных водородных стратегий — далее в нашем обзоре.