

VII Саммит «Глобальная энергия»

Энергетический Центр – Туринский политехнический университет

18 апреля 2018 года

«Моделирование энергетического баланса в будущем цифровом мире»

Итоговый Доклад

1. Изменение климата и необходимость энергетического перехода

VII Саммит «Глобальная энергия» 2018 года внес существенный вклад в научные дебаты о возможной эволюции глобальной энергетической системы на основе двух основополагающих концепций:

- Энергетического перехода к неуглеводородным энергетическим системам
- Цифровизации энергетического сектора экономики

Энергетический переход

Энергетический переход определяет средне- и долгосрочную эволюцию энергетических систем как существенное расширение применения возобновляемых источников энергии (в т.ч. ветровых, солнечных, гидроэнергетических, биотопливных и геотермальных) с соответствующим сокращением использования традиционного ископаемого топлива.

Потребность в этом переходе продиктована известным феноменом изменения климата, вызывающим глобальное повышение температуры на Земле, которое воздействует на окружающую среду. В частности, вызывает:

- сокращение площади ледяного покрова в Арктике и
- повышение глобального усредненного уровня моря.

Согласно заявлениям таких международных организаций и учреждений, как Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC), причины этих изменений связаны с увеличением выбросов антропогенных парниковых газов (GHG) по сравнению с доиндустриальной эрой человечества. Эти выбросы уже привели к концентрации углекислого газа (CO₂), метана (CH₄) и закиси азота (N₂O) в атмосфере Земли на уровне, который не достигался в течение последних 800 тысяч лет.

В частности, большую часть выбросов CO₂, (что в глобальных масштабах составило 32,3 гт в 2015 году, то есть на 57,3% больше, чем в 1990 году) приходится на шесть страна или регионов. По данным, предоставленным Международным энергетическим агентством (IEA), за 68% всех мировых выбросов CO₂ ответственны Китай (28%), Соединенные Штаты Америки (15%), Европейский союз (с 10%), Индия (6%), Россия (5%) и Япония (4%).

Долгосрочные соглашения и цели

Эта информация подчеркивает, как важны, особенно для упомянутых стран, эффективные среднесрочные/долгосрочные стратегии отказа от углеводородной энергетики.

Среди ключевых международных соглашений в этой области необходимо выделить Парижское соглашение 2015 года, подготовленное в рамках COP (Конференции Сторон) 21 в соответствии с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (UNFCCC). Главная цель этого соглашения - противодействовать негативному воздействию климатических изменений, ограничивая средний рост температуры на Земле (над доиндустриальным уровнем) существенно ниже 2 °C и прикладывая все усилия к тому, чтобы удержать этот показатель на уровне ниже 1,5 °C. Стремясь к этой цели, стороны обязаны разработать и реализовать свои национальные целевые программы сокращения углеводородной энергетики (согласно так называемым национально-детерминированным вкладам или NDC), в рамках общей цели Парижского соглашения. Согласно региональным целям, например, ЕС обязался к 2030 году сократить свою долю выбросов парниковых газов (GHG) на 40% от уровня 1990 года, а Россия предложила снизить свои выбросы к тому же сроку на 25-30% по сравнению с 1990 годом.

В ходе саммита серьезность климатических проблем и необходимость противодействия им подчеркнула доктор наук Марта Бониферт, член Международного комитета по присуждению премии «Глобальная энергия», глава Комитета HBLF по вопросам окружающей среды и устойчивого развития. Она напомнила, что «на космическом корабле Земля нет пассажиров, все мы - один экипаж». Бониферт подчеркнула, что количество доступных природных ресурсов ограничено, и потому их следует использовать повторно (после переработки), эффективным и рациональным образом. К концу прошлого столетия человечество оказалось перед выбором: продолжить ли вести бизнес традиционно, но очень быстро скатываясь к глобальным экологическим катастрофам, или заново продумать свой образ жизни и выбрать новый путь развития.

Госпожа Бониферт также напомнила аудитории, что 17 из 18 лет с самой жаркой погодой имели место с 2001 года. Кроме того, согласно информации немецкой страховой компании Munich RE, стихийные бедствия нанесли в 2017 году ущерба больше, чем за предыдущие пять лет. При этом многие экстремальные погодные явления, включая серьезные ураганы, наводнения и пожары, связаны с изменением климата. В прошлом году стихийные бедствия привели к ущербу на сумму около 330 миллиардов долларов США, что почти вдвое больше суммы аналогичных убытков в 2016 году (175 миллиардов долларов США), и ставит 2017 год на второе место по сравнению с 2011 годом, когда ущерб составил 354 миллиарда долларов США. Согласно данным UNFCCC:

- В августе 2017 года тропический циклон «Харви», который привел к проливным дождям в Техасе, причинил ущерб на сумму около 85 миллиардов долларов США.
- Ураган «Ирма», прошедший по Флориде, ураган «Мария», затронувший Карибские острова, и масштабные лесные пожары в Калифорнии также стали серьезными природными испытаниями с крупными затратами на восстановление.
- В Азии наблюдался необычно интенсивный тропический муссон, унесший 2700 человеческих жизней, ущерб от него составил 3,5 миллиарда долларов США.
- В Европе аномально холодная погода в апреле 2017 года нанесла урон сельскому хозяйству на сумму 3,6 миллиарда долларов США, из которых только 650 миллионов были компенсированы страховыми выплатами.

Глобальные тенденции (ускоренная урбанизация, изменение климата, сдвиги в экономических отношениях, демографические и социальные изменения, а также интенсивный технологический прогресс) требуют долгосрочных и дальновидных мероприятий, которые должны популяризовать готовые к экономическим трансформациям лидеры, правительства, ученые, бизнесмены и все мировое сообщество в целом.

Можно назвать два положительных примера такого сотрудничества:

- Уже упомянутое Парижское соглашение
- Повестка дня ООН в области устойчивого развития на период до 2030 года, вступившая в силу 1 января 2016 года.

Повестка дня на период до 2030 года, в частности, содержит 17 целей, которые представляют, согласно заявлению предыдущего Генерального секретаря Организации Объединенных Наций Пан Ги Муна, «список актуальных задач для человечества и планеты и своеобразную программу успеха». Из этих целей тесно связаны с решением энергетических проблем следующие:

- Обеспечение всеохватного и равноправного качественного образования и содействие возможности получения образования для всех и в любом возрасте.
- Обеспечение доступа всех к недорогой, надежной, экологичной и современной энергии/энергетике.
- Построение устойчивой инфраструктуры, популяризация всеохватной и экологичной индустриализации и содействие инновациям.
- Обеспечение инфраструктурной вседоступности, безопасности, жизнестойкости и экологичности городов и населенных пунктов.
- Создание экологичных/восполняющих норм потребления и производства.
- Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.
- Укрепление механизмов реализации и возрождения глобального партнерства в интересах устойчивого развития

И Парижское соглашение, и Повестка дня ООН на период до 2030 года демонстрируют, что все человечество (заинтересованные лица, государственные и негосударственные субъекты и т.д.) может и должно активно сотрудничать, чтобы построить лучший мир для нынешнего и всех последующих поколений. Доверие, партнерство и сотрудничество - три ключевых условия, необходимых для эффективного решения климатических и энергетических проблем в период мощного глобального энергетического перехода.

Технологические возможности для энергетического перехода

Энергетический переход и достижение поставленных экологических целей требуют существенных структурных изменений во всей энергетической цепи, от производства до финального этапа потребления энергии, в том числе и на этапах ее передачи и распределения.

По этой причине научно-исследовательские организации всего мира сейчас выдвигают и анализируют сразу несколько возможных стратегий, направлений и сценариев будущих изменений, чтобы оценить их техническую осуществимость с качественной и количественной точек зрения и все аргументы за и против.

В ходе саммита его участниками были описаны и критически проанализированы некоторые из возможных перспектив и вариантов развития.

В частности, профессор Франческо Профумо, эксперт премии «Глобальная энергия», президент фонда Бруно Кесслера, выдвинул на первый план потенциально важную роль, которую могла бы сыграть электроэнергия. Согласно «треугольнику электроэнергии», его вершинами являются: генерирование электроэнергии возобновляемыми источниками энергии, передача и распределение электроэнергии через специально созданные энергопередающие системы, а также надлежащая электрификация конечных потребителей энергии (строительного сектора экономики, промышленного производства и мобильных потребителей - популярных электромобилей). При создании такого треугольника можно использовать две чрезвычайно важные парадигмы: интеллектуальные микроэнергосети (на микроуровне) и глобальные энергопередающие магистрали (на макроуровне).

- Микроэнергосети позволяют осуществлять эксплуатацию локально доступных энергоресурсов.
- Глобальные энергопередающие магистрали предназначены для связи крупных мировых зон генерирования электроэнергии (например, арктических - с ветроустановками и пустынных - с гелиоустановками) с регионами ее потребления через ультравысоковольтные сети постоянного тока (UHVDC), предназначенные для передачи энергии на большие расстояния (2000-5000 км).

Надлежащая электрификация, наряду с эффективностью использования энергии, могла бы стать надежным средством достижения глобальных целей энергетического перехода от углеводородной к возобновляемой энергетике. Даже с учетом необходимости тщательного рассмотрения возникающих технических, геополитических, рыночных и нормативных проблем. Энергетический переход можно трактовать как глобальную

задачу, потенциально решаемую с помощью инноваций и международного сотрудничества. Именно эти концептуальные подходы можно считать ключевыми для саммита.

Роль электрификации изучал также доктор Клаус Ридле, лауреат премии «Глобальная энергия» 2005 года, почетный профессор Института технологий термодинамики Университета Эрлангена-Нюрнберга. В частности, он исследовал один из возможных базовых элементов для обеспечения энергетического перехода - так называемое «секторальное взаимодействие».

Его ключевое соображение состоит в том, что большинство усилий по уменьшению глобальных парниковых выбросов до сих пор прикладывалось исключительно в энергетическом секторе экономики, ответственном примерно за 40% совокупного первичного потребления энергии. Но с ограниченным учетом трех других базовых секторов экономики - промышленности, транспорта и ЖКХ. Энергетический сектор потребляет примерно 40% первичной энергии и уже сейчас на 22% черпает ее из возобновляемых источников энергии. В то же время три других упомянутых сектора экономики, использующие примерно 55% первичной энергии, могут похвастаться использованием возобновляемой энергетики только на 8%. Поэтому в затронутых секторах энергопотребления необходимы более содержательные и действенные меры.

В частности, Ридле фокусирует внимание на «секторальном взаимодействии», превращающем электроэнергию из возобновляемых источников в основу всех энергетических услуг. Профессор Профумо считает, что в данном подходе ключевой компонент всего предлагаемого экономикой энергетического пакета - электричество, генерируемое из возобновляемых источников. Электроэнергия вместе со специальными системами ее аккумуляции может предложить следующие выгоды:

- «Преобразование электроэнергии в тепло»: электроэнергия преобразуется в тепловую энергию посредством тепловых насосов, позволяя отапливать здания непосредственно или с применением систем аккумуляции тепла.
- «Преобразование электроэнергии в газ»: электроэнергия может быть преобразована в водород или метан, которые могут закачиваться в хранилища и/или подаваться в газопроводы и, в конечном счете, использоваться для генерирования энергии тогда, когда возобновляемые источники энергии недоступны. Определенную долю такого газа также можно в случае необходимости использовать для отопления зданий.
- «Преобразование электроэнергии в химические вещества»: электроэнергия используется для производства сырья для химической промышленности, в том числе аммиака, метана или водорода.
- «Преобразование электроэнергии в жидкое топливо»: электроэнергия используется для производства жидкого транспортного топлива, например, метанола.
- «Использование электроэнергии для зарядки электромобилей»: электроэнергия используется для зарядки аккумуляторов электрических транспортных средств.

Несмотря на теоретическую простоту, реализация таких процессов потребует огромных усилий, поскольку все существующие инфраструктуры должны быть заменены на новые (по всей видимости, более дорогие).

Ридле проанализировал возможности потенциального полного «секторального взаимодействия» применительно к Германии. Доступны результаты нескольких исследований, базирующихся на различных моделях и анализирующих долгосрочное «секторальное взаимодействие» (до 2050 года). Их сравнение демонстрирует значительную вариабельность полученных результатов. Например, ожидаемый совокупный спрос на электроэнергию в 2050 году варьируется от 450 ТВт·ч до 1100 ТВт·ч (в одной из предложенных моделей он даже превышает 3000 ТВт·ч). Кроме того, мощность ветровых и солнечных установок может вырасти с текущего уровня в 100 ГВт до 160-540 ГВт. Таким образом, сама по себе концепция «секторального взаимодействия» пока еще недостаточно точна. Что касается соответствующих расходов, сложно гарантировать конкретные цифры, но некоторые исследования называют сумму примерно в 1,5-2,5 триллиона евро, что превышает цену восстановления Германии после Второй мировой войны.

Базируясь на полученных результатах, Ридле подчеркнул необходимость тестирования «секторального взаимодействия» в демонстрационных масштабах - в терминах эволюции востребованных компонентов и подсистем. А также оценки их взаимодействия, с целью обеспечения их зрелости и конкурентоспособности соответствующих затрат. Это поможет понять, способно ли предложенное целостное решение стать потенциально осуществимой долгосрочной стратегией перехода от углеводородных к возобновляемым источникам энергии.

Даже если расширение использования возобновляемых источников энергии – обязательное требование для реализации задуманного энергетического перехода, то необходимо учитывать, что, по крайней мере, в ближайшем будущем в совокупном пакете всей предлагаемой глобальной энергии будет доминировать ископаемое топливо. Об этом говорил профессор Политехнического университета Турина в области геологии нефти и газа, геологии полезных ископаемых, геотермальной энергии Стефано Ло Руссо. Он напомнил аудитории, что сейчас примерно 40% мирового потребления энергии покрывается нефтью и примерно 25% - природным газом и углем. Общие тренды предсказывают повышение энергопотребления, в основном, благодаря ожидаемому росту населения планеты и ее урбанизированности. В 2050 году более 66% населения планеты будет жить в городах. Урбанизация обычно стимулирует рост качества жизни людей (и это является положительным фактором), но одновременно приводит к росту потребления энергии. Ключевую роль в этом потенциальном сценарии будут играть европейские и азиатские страны. Евразия отличается как крупными энергопотребителями, так и крупными производителями энергии. По этой причине необходима мощная интеграция Европы и Азии для преодоления трудностей энергетики будущего. Проекты, подобные китайской инициативе «Один пояс и один путь» (или «Новый Шелковый путь»), в частности, в отношении экономического коридора, связывающего Восточный Китай и Европу, а также «Арктический Северный морской путь», могли бы стать значительными шагами вперед. Оба – и профессор Профумо и профессор Ло Руссо – несмотря на

различия в точках зрения, тем не менее убеждены, что, обмен знаниями и научно-техническое сотрудничество являются ключевыми элементами обеспечения эффективности разработки стратегий эволюции энергетического спроса и предложения.

В своем выступлении профессор Родней Аллам, лауреат премии «Глобальная энергия» 2012 г., член МГЭИК, удостоенный Нобелевской премии мира в 2007 году, подчеркнул, что будущий рост населения и урбанизированности планеты приведет к соответствующему увеличению энергопотребления, которое будет по-прежнему компенсироваться ископаемым топливом. Фактически, возобновляемые источники энергии, гидроресурсы и атомная энергетика в совокупности покрывают примерно лишь 15% глобального совокупного энергопотребления. Их прогнозируемый вклад кажется недостаточным для противодействия непрерывно растущим выбросам двуокиси углерода CO_2 , атмосферная концентрация которого в настоящее время уже превышает 400 промилле. Поэтому эффективная стратегия борьбы с парниковыми газами нуждается во внедрении технологий, которые могли бы препятствовать выбросам CO_2 в атмосферу.

Имеющиеся технологические возможности для обеспечения экологичности процесса генерирования электроэнергии из ископаемого топлива посредством улавливания и аккумулирования CO_2 (сжигание топливного газа в кислороде, улавливание двуокиси углерода до сжигания с помощью газификации, или улавливание его после сгорания топлива посредством очистки дымового газа), слишком дороги и увеличивают стоимость электроэнергии на 50-70%.

Профессор Аллам разработал принципиально новый энергоцикл (названный «циклом Аллама»), базирующийся на улавливании и применении CO_2 в виде рабочей жидкой среды. Экспериментальный завод расположен в Техасе, предприятие представляет собой стартап. В инновационном энергоцикле топливо (природный газ, газифицированный уголь или иное углеродсодержащее топливо) сжигается в камере сгорания с использованием чистого кислорода вместо традиционного воздуха. Смесь CO_2 (97,25% общей массы) и воды (2,75% общей массы) функционирует в турбине, а выхлопной газ охлаждается в теплообменнике. Затем пар конденсируется и отделяется от CO_2 , который, в свою очередь, сжимается. 3,25% CO_2 улавливается (чтобы сбалансировать количество, непрерывно добавляемое процессом сжигания) и готово к перемещению по трубопроводу. Остальные 94% CO_2 повторно нагреваются в теплообменнике и рециркулируют в качестве рабочей жидкой среды. Этот цикл позволяет уловить более 97% произведенного углерода и характеризуется высоким КПД (до 59%) и затратами на генерирование электроэнергии, аналогичными издержкам в традиционных газотурбинных системах с комбинированным циклом. При этом они примерно на 20% ниже затрат в системах сжигания угля. Причина в том, что данный цикл требует использования только одной турбины и незначительного применения других компонентов, поскольку имеет дело с высоким давлением и, как следствие, с высокой плотностью энерговыделения.

Кроме того, Аллам выдвинул еще одну стратегическую инициативу, позволяющую бороться с диоксидом углерода в одном из самых проблематичных секторов энергетической системы – в транспортном секторе экономики. В США вклад транспортного сектора в выбросы CO_2 больше вклада энергетического сектора. Возможный путь решения проблемы – инвестиции в водородные технологии. Водород может стать средством энергопитания топливных элементов транспортных средств,

серийно выпускаемых японскими автопроизводителями, а вскоре также корейскими и китайскими предприятиями. Водород можно реализовывать в емкостях под высоким давлением (до 90 бар). В этом случае комбинируемые природный газ и пар могут работать со 100%-ым улавливанием CO₂. Кроме того, его можно использовать в газовых турбинах для выработки энергии. Производство водорода может быть интегрировано в крупномасштабный цикл Аллама: такой завод в состоянии обеспечить генерирование электроэнергии со 100%-ым улавливанием CO₂ и производством водорода в иных целях, например, для транспорта.

В свою очередь президент Научного совета по глобальным инициативам Том Блис, член Международного комитета по присуждению премии «Глобальная энергия», также подчеркнул ограничения технологий улавливания диоксида углерода, как возможных стратегий борьбы с парниковыми газами. Он отметил, что даже если технические и экономические проблемы, связанные с крупномасштабным улавливанием CO₂, могут быть решены, необходимо фокусироваться не только на разумном использовании ископаемого топлива, но и на его добыче. В частности, добыча и транспортировка ископаемого топлива могут серьезно влиять на глобальное изменение климата планеты:

- Угольные шахты выбрасывают объем парниковых газов, который может быть больше выбросов при сжигании угля.
- Метан (природный газ) создает более мощный парниковый эффект по сравнению с CO₂, и потому утечки метана в ходе его добычи и транспортировки являются серьезной проблемой.

По мнению Блиса, если исключить из оборота ископаемое топливо, производство электроэнергии может базироваться на четырех ключевых энергетических источниках: солнце, ветер, гидроресурсы и атомная энергия. Но фактический потенциал гидроресурсов ограничен географическими условиями. А для обеспечения всех жителей Земли уровнем энергопотребления, равным нынешнему энергопотреблению на душу населения, например, в Германии необходимо покрыть солнечными панелями и ветрогенераторами территорию, равную площади Южной Америки.

Германия - одна из тех стран, которые приложили максимальные усилия для внедрения возобновляемых источников энергии, благодаря программе *Energiewende* («Энергетический переход»). Несмотря на это, даже если у Германии было бы в 100 раз больше солнечных панелей, чем сейчас, они не смогли бы покрыть зимний спрос страны на электроэнергию. С другой стороны, непредсказуемость ветров не позволяет полностью полагаться на ветроэнергетику. Высокая стоимость энергетического перехода, наряду с тем фактом, что Германия открывает угольные электростанции на буром угле, подтверждает, что выбор в пользу закрытия германских атомных электростанций - не лучший вариант решения проблемы.

По мнению Блиса, атомная энергетика, характеризующаяся низкими выбросами диоксида углерода, может явиться ключевым решением проблем парниковых газов. В то время как ветровые и солнечные энергоустановки требуют площадей, равных Южной Америке для обеспечения экологичным электричеством каждого гражданина Земли, при использовании АЭС в тех же целях достаточно площади примерно одного Буэнос-Айреса.

Среди перспективных вариантов атомных установок он выдвигает на первый план ториевые реакторы низкого давления на расплавах солей. Согласно проекту, такие установки могут располагаться на судах (которые могут строиться, например, в России, Китае, Саудовской Аравии, Индии или Корее) и транспортироваться в регионы, нуждающиеся в электроэнергии. Таким образом, они могут стать доступными энергоисточниками, особенно для развивающихся стран, не имеющих средств для строительства собственных ядерных установок. В результате это повысит качество жизни их граждан и поднимет производство.

Профессор Рае Квон Чунг, член Международного комитета по присуждению премии «Глобальная энергия», советник председателя группы лидеров и экспертов высокого уровня по проблемам воды и стихийным бедствиям при Генеральном секретаре ООН, перенес внимание аудитории с технических вопросов энергетического перехода к политическому аспекту проблемы. Например, в документе «Перспективы энергетических технологий 2017», опубликованном IEA, говорится: «чтобы достичь целей Парижского соглашения, необходимы мощные политические действия». Востребованы, например, политические решения, которые позволят в два раза увеличить уровень эффективности глобальной энергетики к 2030 году.

В целом, однако, спикер отметил, что дискуссия о политике отказа от углеводородных источников энергии характеризуется отрицательными оценками, распространенными СМИ касательно ее экономической целесообразности. Фактически, главная проблема связана с построением логической цепочки между экономическим ростом и сокращением выбросов. При этом единое мнение заключается в том, что инвестиции в климатическую политику слишком затратны, имеют чрезвычайно длительный срок окупаемости и могут подорвать экономический рост стран.

В ответ на это Чунг подчеркнул, что экологическая политика может представлять собой не ограничения, а движущую силу экономического роста. Чтобы достичь поставленной цели, связывая при этом экономическое развитие и экологические цели, необходимо углубить дискуссию о политике, которая в состоянии эффективно поддерживать энергетический переход, и четко идентифицировать, какую политику следует считать наиболее важной. Именно она должна привести парадигму трех «Э» (энергетика – экономика – экология) из игры с нулевым результатом в взаимовыгодную для всех динамику. Примером является нынешняя структура финансирования энергосистем, поощряющая использование ископаемого топлива. Его субсидирование на данный момент в четыре раза превышает затраты на возобновляемые источники энергии. Снятие таких субсидий с ископаемого топлива и введение налога на выбросы диоксида углерода может стать ценной политической альтернативой для поддержки перехода к использованию возобновляемых источников энергии. Согласно некоторым исследованиям, не находящимся под пристальным вниманием СМИ, введение углеводородного налога может фактически стимулировать экономический рост, создать новые инвестиционные возможности, рабочие места и гарантировать энергетический переход. Эта концепция противоречит общему мнению, что налог на выбросы диоксида углерода только помешает экономическому росту.

2.Цифровизация энергетических систем

Второй главной темой, обсуждаемой на саммите, стала цифровизация энергетических систем. Цифровизация - широкая тема для дискуссий, она охватывает множество технологий и сфер их применения. Она касается сбора и трансформации данных в удобном для анализа формате, анализа данных с целью получения практических знаний для понимания текущей ситуации и построения бизнес-прогнозов и, наконец, для преобразования полученных знаний в бизнес-ценности. Таким образом, по сути, цифровизация – это конвергенция цифрового и материального миров, создающая совершенно новые бизнес-возможности и ценностные суждения.

Цифровизация ускоренно развивается в последние годы из-за широкого доступа к данным, усовершенствования аналитических средств и прогресса в сфере компьютеризации и коммуникационного оборудования. Согласно информации IBM, более 90% существующих мировых данных были созданы за период с 2015 года, а глобальный ежегодный интернет-трафик уже превысил 1 зеттабайт, что эквивалентно примерно 250 миллиардам фильмов в HD-формате. Что касается аппаратных средств, сейчас доступны микропроцессоры настольных компьютеров, которые в вычислительном смысле столь же сильны, как и суперкомпьютеры, создаваемые всего лишь два десятилетия назад. В сфере аналитики алгоритмы машинного обучения ускоренно эволюционируют, позволяя обеспечить целостные решения тех проблем, с которыми невозможно справиться посредством упрощенных моделей.

Специфический набор технологий, используемых в рамках цифровизации, может быть классифицирован множеством способов. В любом случае, следующий список включает практически все ключевые технологии:

- Интернет вещей (IoT),
- Аналитика больших данных,
- Робототехника и автономные/беспилотные системы,
- Дополненная и виртуальная реальность,
- Блокчейн,
- Аддитивное производство (3D-печать),
- Искусственный интеллект (ИИ).

Среди перечисленных цифровых технологий, ИИ быстро стал, возможно, самым важным инновационным направлением. Эндрю Бэн, один из наиболее влиятельных специалистов в сфере ИИ, даже заявил, что ИИ - это «новое электричество», так как имеет тот же беспрецедентный потенциал для скачкообразного изменения общества. С фундаментальной точки зрения, ИИ - предоставление компьютеризированным системам человеческой способности рассуждать, планировать, решать проблемы, думать абстрактно, постигать сложные идеи и быстро учиться, в том числе на основе опыта. С практической точки зрения, ИИ часто ассоциируют с глубоким обучением, являющимся отдельным классом технологий машинного обучения, которые используют огромные объемы данных для обучения многослойных нейронных сетей таким операциям, как

идентификация лиц и распознавание произносимых слов. И хотя ряд экспертов утверждает, что глубокое обучение и прочие современные аналитические технологии сами по себе никогда не смогут воспроизвести по-настоящему человекоподобные когнитивные способности, такие технологии, тем не менее, уже начали демонстрировать невероятный потенциал ИИ в создании экономических ценностей в общественном и частном секторах. В погоне за реализацией этого потенциала многие страны уже опубликовали стратегии применения ИИ. В 2017 году в ИИ-стартапы по всему миру было инвестировано более 15,2 миллиарда долларов США.

Лидирующие позиции ИИ и прочих форм цифровизации в энергетическом секторе очевидны из-за их растущей важности, по мнению заинтересованных лиц в промышленности и государственных органах. Например, 2017 World Energy Issues Monitor («Мониторинг мировых энергетических проблем – 2017»), опубликованный Мировым энергетическим советом, оценивает цифровизацию, как одну из самых впечатляющих тем для будущего энергетического сектора.

Специфическое влияние, которое цифровизация оказывает и продолжит оказывать на энергетику, особенно значимо в сферах повышения эффективности, КПД и безопасности. Мы можем рассмотреть, например, следующие виды специфического влияния цифровизации на различные сектора потребления энергии:

- В сфере ЖКХ
 - Отопление и охлаждение: для оптимизации отопления и охлаждения зданий используются интеллектуальные термостаты и датчики.
 - Освещение: датчики и программное обеспечение, интегрированные в системы освещения, используют детекторы движения для снижения энергопотребления на освещение, одновременно оказывая новые сервисные услуги для повышения ценности недвижимости и благополучия жильцов.
- В транспорте
 - Персональные транспортные средства: ожидается, что совместно используемые разными людьми, автономные/беспилотные транспортные средства и электромобили существенно уменьшат спрос на традиционное топливо и упростят путешествия.
 - Коммерческие транспортные средства: ожидается, что службы доставки товара дронами и 3D-печать снизят спрос на традиционные виды ближней и дальней транспортировки грузов, тем самым снижая совокупный спрос на энергоресурсы со стороны транспортных компаний.
- В промышленности
 - Энергоэффективное производство: индустриальный Интернет вещей и искусственный интеллект позволяют проводить предупредительное (с учетом прогнозов) техническое обслуживание оборудования для повышения эффективности функционирования мощностей заводов-изготовителей.

- Разработка и производство изделий: 3D-печать позволяет быстро проектировать изделия с меньшим потреблением энергии при их производстве, при этом и сам конечный продукт становится более энергоэффективным.

Кроме того, цифровизация является ядром системной трансформации энергетики, в ходе которой возобновляемые источники энергии начинают играть ведущие роли. Чтобы эффективно очистить глобальную энергетическую систему от пагубного влияния ископаемого топлива, к 2050 году доля электроэнергии в совокупном объеме потребляемой энергии должна будет возрасти более, чем вдвое. А доля возобновляемых источников энергии должна будет возрасти более, чем втрое по сравнению с сегодняшним уровнем. Большую часть этих новых возобновляемых мощностей для генерирования электричества необходимо будет обеспечить комплексно технологиями солнечной энергетики и ветроэнергетики, которые во многих случаях будут скорее децентрализованными. Цифровизация будет просто необходима для обеспечения гибкости упомянутой системы и полноценного использования энергетического вклада со стороны нестабильных децентрализованных возобновляемых источников энергии. Скоординированная гибкость будет обеспечена специальными мерами со стороны поставщиков и потребителей, аккумулирующих энергию субъектов и электроэнергетической сетевой инфраструктуры.

Таким образом, роль цифровых и, в более широком смысле, информационно-коммуникационных технологий в энергетическом секторе в настоящее время растет и, как ожидается, существенно вырастет в ближайшие десятилетия. Поэтому анализ выгод и проблем цифровизации должен быть включен в фазу планирования и проектирования новой энергетической инфраструктуры.

Урбанистический аспект цифровизации

В своем выступлении доктор Стивен Гриффитс, член Международного комитета по присуждению премии «Глобальная энергия», главный вице-президент по исследованиям и разработкам Халифского университета науки и технологии, показал, что урбанизация и цифровизация – мега-тенденции, которые при их комплексном рассмотрении могут поддержать спрос на экологичные и интеллектуальные города.

Так же, как и Ло Руссо, Гриффитс подчеркнул ожидаемую высокую значимость урбанизированности планеты (более 65% к 2050 году), что выдвигает на первый план важность интеллектуальных городов в энергосистемах будущего. Города станут «интеллектуальными/разумными» благодаря внедрению таких цифровых подходов и технологий, как Интернет вещей, аналитика больших данных, искусственный интеллект, робототехника и дроны, блокчейн, дополненная реальность, виртуальная реальность и 3D-печать.

В частности, Интернет вещей может объединить материальный мир (людей, машины, материалы, здания, окружающую среду и т.д.) с миром информации, представленной аналитикой больших данных и соответствующими кибернетическими циклами, осуществляющими анализ данных из реального мира для понимания

сложившейся ситуации и прогнозирования. Интернет вещей может последовательно трансформировать информацию в знания.

Искусственный интеллект, в частности, может найти себе целый спектр применения в энергетической цепочке, помогая, например, осуществлять превентивное (с учетом прогнозов) техническое обслуживание оборудования нефтегазодобывающих предприятий (производственный сектор) и разрабатывать автономные/беспилотные транспортные средства (транспортный сектор).

Цифровизация городов могла бы сделать городскую инфраструктуру более доступной по цене, экологичной и более пригодной для жизни, положительно воздействуя, в частности, на строительную и транспортную системы, повышая их эффективность. Таким образом, города будущего могут рассматриваться в виде «сэндвича» из нескольких слоев: четырех материальных (снизу-вверх: инфраструктура, общественное пространство, мобильность и здания) и одного цифрового.

Согласно данным IEA, результатом цифровизации строительного сектора экономики станет накапливаемое со временем сокращение потребления энергии, примерно на 65 ПВт·ч к 2040 году, что приблизительно в два раза превышает объем энергии, расходуемой всем строительным сектором мировой экономики в 2017 году. Кроме того, цифровизация могла бы поддержать удовлетворение энергетического спроса, в том числе, с учетом периодов повышенного спроса на отопление, охлаждение, использование электроприборов, и предложить оптимальные стратегии заряда электромобилей. К 2040 году 20% спроса на электроэнергию могло бы удовлетворяться по запросу, что позволило бы максимально повысить значимость нестабильных возобновляемых источников энергии (таких как, ветровые и солнечные электростанции). А также минимизировать потребность в традиционных генерирующих мощностях, предназначенных для балансирования энергетической нагрузки. Это могло бы уменьшить недоиспользование солнечной и ветровой энергии с 7% до 1,6% в ЕС к 2040 году.

Что касается транспортного сектора, цифровизация, вероятно, приведет к значительному сокращению спроса на нефтепродукты из-за появления большого количества автономных/беспилотных, совместно используемых транспортных средств и электромобилей. Городская окружающая среда является идеальным пространством для развертывания такой транспортной системы и, согласно информации Bloomberg New Energy Finance, внедрение подобных транспортных средств к 2035 году может привести к падению глобального спроса на нефть более чем на 5 миллионов баррелей в день.

Гриффитс подчеркнул, что цифровизация, вероятно, окажет серьезнейшее влияние на будущую (и существующую) глобальную энергетическую систему. Значительная часть городского населения Земли, безусловно, воспользуется ее преимуществами, а некоторые отрасли промышленности (в т.ч. нефтяные и газовые) будут вынуждены модифицировать свои бизнес-модели для адаптации к мощному воздействию цифровизации на все сектора экономики.

Влияние цифровизации на энергосистемы

Доктор Сауро Пасини, эксперт премии «Глобальная энергия», президент International Flame Research Foundation, сфокусировал свое выступление на эволюции

энергосистем и влиянии цифровизации на электроэнергетический сектор экономики. Он выделил три ключевых аспекта этой эволюции:

- Инвестиции в возобновляемые источники энергии

В определенных регионах мира они начинают становиться конкурентоспособными по сравнению с традиционными источниками энергии. В 2016 году они составили 62% всех новых установленных энергетических мощностей в мире и 90% - в Европе, и, как ожидается, составят более 70% всех новых установленных энергетических мощностей в 2017-2040 годах.

- Децентрализация

Возобновляемые источники энергии очень часто децентрализованы. Например, за последние 10 лет Италия инвестировала капитал в 20 ГВт возобновляемых мощностей, что соответствует примерно 730 тысячам электростанций. Это означает, что средняя мощность каждой такой электростанции равна примерно 27 кВт (чрезвычайно малая величина для энергетики).

- Электрическая мобильность

Сейчас внедрение таких технологий проходит вяло, но, согласно прогнозам, к 2040 году ежегодные объемы продаж электромобилей превысят объемы продаж транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания. Ежегодные объемы продаж электромобилей могут превысить 50% всех продаж новых автомобилей малой мощности к 2040 году. В результате электромобили составят примерно 33% всего мирового автопарка автомобилей малой мощности.

Согласно одному из возможных сценариев, менеджмент электроэнергетических сетей будет становиться все более сложным и крайне важным. Перебои в процессе генерирования энергии из возобновляемых источников, их децентрализация, наличие производителей и потребителей в одном лице, автоматизация и контроль взаимосвязанных систем – это лишь часть ключевых проблем, которые необходимо учитывать при рассмотрении перспектив нового энергетического менеджмента.

В этом смысле цифровизация может сыграть стратегически важную роль. Генерирование данных с использованием специальных систем датчиков, сбор необходимой информации посредством коммуникационных протоколов и ее обработка с помощью методов аналитики больших данных в комплексе с инструментами искусственного интеллекта для машинного обучения представляют собой ключевые преимущества цифровизации.

Доктор Пасини привел четыре примера, показывающие, как развивается и внедряется цифровизация:

- Управление домашним энергохозяйством

Предложена комбинация системы управления, контролирующей подачу электропитания различным домашним устройствам и интеграцию собственных мощностей генерирования и хранения электроэнергии (в т.ч. солнечных панелей,

аккумуляторов, систем зарядки транспортных средств из энергосетей и т.д.), и системы менеджмента данных, оптимизирующей потребление электроэнергии.

- Удовлетворение спроса на электроэнергию по запросу

Представляет собой временное изменение объемов потребляемой электроэнергии в ответ на рыночные запросы или сигналы системы обеспечения надежности поставки энергоресурсов. Это позволит сдвинуть по времени дневные периоды использования электроэнергии, чтобы решить проблему балансирования процессов генерирования и потребления энергии (возникающей в результате перебоев в работе таких возобновляемых источников энергии, как солнечные и ветровые электростанции).

- Виртуальная электростанция

Это центр управления, интегрирующий несколько типов распределенных источников энергии и предназначенный для создания единого надежного комплексного источника энергии (для распределенного генерирования электроэнергии, контролируемого централизованно, как через диспетчерскую службу, так и без нее).

- Система менеджмента DER

Позволяет интегрировать дополнительные распределенные солнечные электростанции, энергохранилища, системы удовлетворения спроса на электроэнергию по запросу и прочие энергоресурсы в единую сеть для совершенствования их функционирования.

В итоге энергетическая система могла бы эволюционировать согласно концепции «Интернета энергии» - своего рода электроэнергетической сети, в которой генерирование, распределение и потребление энергии оптимизированы на всех системных уровнях. С этой точки зрения, все энергоресурсы взаимосвязаны, и даже если электричество является ключевым в этом взаимосвязанном и подвергнутом цифровизации мире, то и прочие потребляемые ресурсы - природный газ и тепло - также могут быть задействованы в новой системе, делая ее еще более сложной, но при этом и более востребованной.

3. Энергетический переход и цифровизация: преимущества и возможные проблемы

Неопределенности и критически важные аспекты

В своем выступлении Доминик Фаш, эксперт премии «Глобальная энергия», председатель совета директоров Российского технологического фонда, обобщил некоторые из ключевых аспектов, упомянутых в ходе различных дискуссий саммита.

Первый из них - уже происходящие и нарастающие радикальные трансформации глобальной энергетической системы. Они ведут к некоторым неопределенностям в отношении долгосрочных инвестиций в энергетический сектор. Например, Германия решила постепенно полностью отказаться от ядерной энергетики. Во Франции (где примерно 70% электроэнергии генерируется атомными электростанциями) правительство размышляет о возможном закрытии некоторых ядерных установок. Инвестиции в

традиционные ископаемые источники энергии также сильно затронуты долгосрочной геополитикой.

Как следствие, энергетические компании сталкиваются с необходимостью отвечать на эти вызовы и должны будут изменить свои бизнес-модели, чтобы выжить. Например, больше года назад Total приобрела Saft, производителя литиевых аккумуляторов, не имеющего никакого отношения к нефтяному бизнесу, а Илон Маск, президент компании Тесла, строит гигантский завод по производству аккумуляторов.

Технологические инновации могут создавать новые бизнес-проекты и рабочие места, приводя к появлению новых компаний, но при этом и к исчезновению или модернизации уже существующих.

Что касается стратегий противодействия изменению климата, по мнению Фаша, налог на выбросы CO₂ (на уровне 100 долларов США за тонну) должен быть упорядочен, чтобы сделать международные решения типа Парижского соглашения действительно эффективными.

Доминик Фаш подчеркнул, что цифровизация, помимо ее положительных аспектов, представленными другими спикерами, характеризуется и некоторыми критическими особенностями, которые должны быть тщательно изучены в преддверии прогнозирования и планирования эволюции энергетической системы.

Например, единичная транзакция генерирования блока биткоина потребляет энергию, соответствующую суточному энергопотреблению среднего домохозяйства. Это может стать большой проблемой для энергосистем будущего (а, значит, привести к еще большим выбросам парниковых газов), если цифровой рынок криптовалют в его нынешнем виде будет значительно расти.

Цифровизация энергетических систем может открыть дверь новым угрозам, в частности, террористическим. Интеллектуальные технологии (смарт-технологии) и цифровая энергетика могут сделать энергетические системы более открытыми для кибератак, которые, в свою очередь, способны затронуть энергетические сети, приводя к внезапным отключениям подачи электроэнергии и непредсказуемым крупномасштабным последствиям.

Комбинирование и реализация стратегий отказа от углеводородных источников энергии и цифровизация энергетики: вызов для мирового сотрудничества

Саммит «Глобальная энергия» 2018 года позволил изучить не только основные выгоды, но и ключевые проблемы, которые могут возникнуть в результате ожидаемого энергетического перехода, затрагивающего глобальный баланс потребляемых энергоресурсов. Два ключевых аспекта - энергетический переход от ископаемых к возобновляемым источникам энергии и цифровизация энергетических систем - были проанализированы по различным технологическим измерениям, с исследованием вероятных долгосрочных альтернативных сценариев. С учетом таких сценариев необходимо выдвинуть на первый план те роли, которые могут сыграть электрификация

конечных энергопотребителей, а также технические, политические проблемы и проблемы безопасности, с которыми может столкнуться подобная эволюция.

Среди ключевых аспектов энергетического перехода, которые необходимо исследовать ученым и обсуждать на высоком уровне, выделены:

- существенное проникновение нестабильных возобновляемых источников энергии в энергетический сектор экономики наряду с потребностью в радикально иной структуре энергосетей разных уровней – крупномасштабных глобальных энергопередающих магистралей и микроэнергосетей децентрализованных систем;
- значимость ископаемого топлива, по крайней мере, в ближайшем будущем;
- эффективность улавливания двуокиси углерода и варианты ее утилизации;
- роль ядерного топлива в будущих энергосистемах;
- потребность в отвечающей реалиям политике (например, в области налогов на выбросы), способной поддержать переходную фазу энергетики.

Кроме того, цифровизация энергетики тесным образом связана с энергетическим переходом и дополняет его. Электроэнергетические системы с каждым днем будут все больше интегрироваться с цифровыми системами для необходимого менеджмента и оптимизации.

Цифровизация сможет обеспечить эффективную поддержку энергетическому переходу, позволяя контролировать комплексные системы и одновременно повышать их эффективность. С другой стороны, цифровизация может стать серьезной проблемой в свете такого нового вида угроз, как энергетический терроризм.

Самый важный итог дебатов - это потребность в широкомасштабном сотрудничестве всех заинтересованных сторон: ученых, научно-исследовательских организаций и учреждений, энергетических компаний и лиц, принимающие решения. Только обмен современными знаниями и наилучшими практиками, а также идентификация общих стандартов с технической и нормативной точек зрения приведут к разработке и реализации системы долгосрочного стратегического энергетического планирования, взаимовыгодного на мировом уровне и значимого со всех ключевых точек зрения: экологической, технологической и экономической.